

Aus der
Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik
Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. Christian Hagl

Cardio First Angel® –
eine mechanische Reanimationshilfe
zur Steigerung der Effektivität der Laienreanimation

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Malte Joachim Schirren
aus
Marburg
2021

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Christian Hagl
Mitberichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. med. Florian Weiß
Mitbetreuung durch die promovierte Mitarbeiterin:	Priv.-Doz. Dr. med. Sabina Günther
Dekan:	Prof. Dr. med. Thomas Gudermann
Tag der mündlichen Prüfung:	07.10.2021

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	
1 Einleitung	1
1.1 Der plötzliche Herzstillstand	1
1.2 Der plötzliche Herztod	2
1.3 Risikofaktoren für den plötzlichen Herzstillstand und Herztod	2
1.4 Herz- Kreislauf- Stillstand auf Grund anderer Ätiologien.....	3
1.5 Die kardiopulmonale Reanimation	3
1.5.1 Historie	3
1.5.2 Entwicklungsprozess der Leitlinie der kardiopulmonalen Reanimation.....	6
1.5.3 Leitlinie des European Resuscitation Council (ERC) Stand 2015.....	6
1.5.3.1 Die Überlebenskette.....	6
1.5.3.2 Basic- Life- Support mit automatisiertem externem Defibrillator	8
1.5.4 Qualitätsanalysen zur kardiopulmonalen Reanimation	14
1.5.5 Die Bedeutung der Laienreanimation.....	14
1.6 Hilfsgeräte bei der kardiopulmonalen Reanimation.....	15
2 Fragestellung	19
3 Material und Methodik	20
3.1 Material.....	20
3.1.1 Aufbau der Reanimationshilfe Cardio First Angel®	20
3.1.2 Messgeräte.....	24
3.1.3 Fragebögen	25
3.2 Methodik.....	25
3.2.1 Studienkollektiv	25
3.2.2 Analysierte Parameter	28
3.2.3 Studienprotokoll.....	28
3.2.4 Statistische Auswertung	28
4 Ergebnisse	30
4.1 Demographische Daten.....	30
4.1.1 Demographische Daten des Gesamtkollektivs.....	30
4.1.2 Demographische Daten der Subgruppen.....	32
4.2 Selbsteinschätzung der Probanden	32
4.3 Kompressionsfrequenz bei der Reanimation	35
4.4 Kompressionstiefe bei der Reanimation.....	39
4.5 Druckpunkte bei der Reanimation	43
4.6 Weitere Ergebnisse aus den Fragebögen.....	45
5 Diskussion	46

5.1	Alter des Studienkollektivs	47
5.2	Bereitschaft zur Reanimation	47
5.3	Frühzeitiger Beginn einer Reanimation	48
5.4	Beeinträchtigende Faktoren bei der Durchführung einer Reanimation	48
5.5	Effektivität der Thoraxkompression	50
5.6	Thoraxkompressionstiefe	50
5.7	Thoraxkompressionsfrequenz	51
5.8	Kompressionspunkt.....	52
5.9	Reanimationshilfen.....	53
5.10	Einsatz des automatisierten externen Defibrillators	57
5.11	Reanimationsschulungen	58
6	Limitationen	60
7	Zusammenfassung	61
8	Literaturverzeichnis	62
9	Abbildungsverzeichnis	71
10	Tabellenverzeichnis	74
11	Anhang	76
11.1	Fragebögen	76
11.2	Unbedenklichkeitserklärung	80
12	Lebenslauf	86
13	Danksagung	87

Veröffentlichung

Teile der vorliegenden Arbeit wurden bereits in der Publikation „Effects of the Cardio First Angel™ on chest compression performance” in Technology and health care, 2018 veröffentlicht [1].

Abkürzungsverzeichnis

A

Abb.	Abbildung
AED	Automatisierter externer Defibrillator
ACD-CPR	active compression-decompression resuscitation
AHA	American Heart Association
ALS	Advanced Life Support
ANZCOR	Australian and New Zealand Committee on Resuscitation
APP	Application
ARC	Austrian Resuscitation Council

B

BLS	Basic Life Support
bzw.	Beziehungsweise

C

CFA	Cardio First Angel®
CPR	Cardiopulmonary Resuscitation

D

d.h.	das heißt
------	-----------

E

ERC	European Resuscitation Council
-----	--------------------------------

G

GRC	German Resuscitation Council
ggf.	Gegebenenfalls

H

HDL	High-density Lipoprotein
HSFC	Heart and Stroke Foundation of Canada

I

IAHF	Inter-American Heart Foundation
IHCA	in hospital cardiac arrest
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation

K

KHK	Koronare Herzkrankheit
-----	------------------------

L

LDL	Low-density Lipoprotein
LUCAS	Lund-Cardiac-Arrest-System

N

n. Chr.	nach Christus
---------	---------------

O

OHCA out of hospital cardiac arrest

P

PUR Polyurethan

R

RCA Resuscitation Council of Asia

RCSA Resuscitation Council of Southern Africa

S

SCA sudden cardiac arrest

SCD sudden cardiac death

SNCD sudden non cardiac death

T

Tab. Tabelle

U

u.a. unter anderem

V

VF Ventricular fibrillation

VT Ventricular tachycardia

1 Einleitung

1.1 Der plötzliche Herzstillstand

Der plötzliche Herzstillstand (SCA, sudden cardiac arrest) bezeichnet das unerwartete Ausbleiben der mechanischen Herzaktivität. Der daraus resultierende Kreislaufstillstand führt zu Bewusstlosigkeit und zum Atemstillstand [2]. Dieses Ereignis tritt in der Regel überraschend auf. Insbesondere für Laien, aber auch für medizinisches Fachpersonal stellt dies eine Stresssituation dar. Effiziente Therapiemaßnahmen sind zeitnah zu ergreifen, um den Tod des Patienten zu verhindern.

Ein SCA, der zum Tode führt, ist als „plötzlicher Herztod“ (SCD, sudden cardiac death) definiert [3]. Der SCA muss jedoch nicht zwangsläufig zum Tod führen, da er bei suffizienter Reanimation potenziell reversibel ist [4].

Das Wiedereinsetzen eines Herzrhythmus mit tastbarem Puls oder einer Atmung, die länger als 30 Sekunden anhält, wird als Wiedereinsetzen des Spontankreislaufes (ROSC, return of spontaneous circulation) bezeichnet [5].

Es ist zwischen einem prähospitalen bzw. außerklinisch (OHCA, out of hospital cardiac arrest) und einem innerklinisch auftretenden Herzstillstand (IHCA, in hospital cardiac arrest) zu unterscheiden [6].

Die Inzidenzen des OHCA variieren in den verschiedenen Ländern und Kontinenten stark, was u.a. durch die Unterschiede in den Erfassungsstrukturen und der Datenaufzeichnung der Notdienste und Rettungskräfte begründet ist. Ein einheitliches Register zur Erfassung der Fallzahlen des OHCA existiert in Europa bisher nicht [7]. In Asien beträgt die Inzidenz 53, in Nordamerika 98 und in Australien 112 pro 100.000 Einwohner und Jahr [8]. Es zeigen sich Regionen, in denen gehäuft OHCA auftreten. In Dallas (Texas, USA) ist beispielsweise eine deutlich höhere Inzidenz von 159 pro 100.000 Einwohner pro Jahr erfasst worden [9]. Gräsner et al. veröffentlichten 2014 für Europa in der EuReCa- one Studie eine durchschnittliche Inzidenz des OHCA von 84 pro 100.000 Einwohner pro Jahr [10].

Bei der 2017 durchgeführten EuReCa- two Studie (prospektive, multizentrische Registerstudie) wurden in einer Gesamtbevölkerung von 178.879.118 Einwohnern aus 28 Ländern 37.054 Fälle von OHCA erfasst. In 25.171 Fällen (68%) wurde mit einer Reanimation begonnen. Der Anteil der Laienreanimation betrug 58%. Die Häufigkeit der Laienreanimation variierte in Abhängigkeit der untersuchten Länder (Spannweite von 13% bis 82%) [11].

1.2 Der plötzliche Herztod

Der SCD zählt zu den häufigsten Todesursachen weltweit und ist für ca. 15-20% aller Todesfälle verantwortlich [12, 13]. Die Definition des SCD ist uneinheitlich. Fishman et al. definieren den SCD als plötzlich eingetretenen Tod ohne erkennbare extrakardiale Ursache [14]. Von Benjamin et al. wird der SCD als Tod ohne extrakardiale Ursache definiert, der innerhalb einer Stunde nach den ersten beobachteten Symptomen auftritt bzw. innerhalb von 24 Stunden, nachdem der Betroffene das letzte Mal in guter Gesundheit gesehen wurde [2].

Die Inzidenz des SCD wird in Europa auf 86 pro 100.000 Einwohner pro Jahr geschätzt [13]. Männer sind vom plötzlichen Herztod häufiger betroffen. 66% der Fälle plötzlichen Herztods treten im Alter von über 65 Jahren auf. Im Säuglingsalter findet sich ein zweiter Altersgipfel [8,9,10].

1.3 Risikofaktoren für den plötzlichen Herzstillstand und Herztod

Risikofaktoren, die die Ausbildung eines SCA oder SCD begünstigen, lassen sich grundsätzlich in drei Gruppen einteilen (Tab.1) [15].

Risikogruppe	Beispiele
Strukturelle Pathologien	Koronare Herzerkrankung Kardiomyopathien Linksventrikuläre Hypertrophien Herzklappenerkrankungen Kongenitale Herzerkrankungen
Elektrophysiologische Anomalien	Reentry-Tachykardien Abnormale Automatizität Wolf Parkinson White Syndrom Long-QT-Syndrom Idiopathische ventrikuläre Tachykardien
Extrakardiale Ursachen	Drogenkonsum Schlafentzug Hämodynamische Störungen Neurologische Ursachen Endokrine Ursachen

Tab.1: Risikofaktoren für SCA und SCD nach Zipes et al., 1998 [15]

Meist bedarf es des Zusammentreffens mehrerer Faktoren, damit es zu malignen Arrhythmien (ventrikuläre Tachykardie, Kammerflimmern, pulslose elektrische Aktivität, Asystolie) und folglich zum SCA und SCD kommt [15].

Die koronare Herzkrankheit (KHK) ist hauptsächlich für das Auftreten des SCA und SCD verantwortlich. Auf Grund der Häufigkeit der KHK entsprechen die Risikofaktoren der KHK denen des SCA und des SCD. Tabelle 2 stellt die bekannten Risikofaktoren für die KHK dar.

Merkmal	Risikofaktor für KHK
Geschlecht	männlich
Alter	männlich > 45 Jahre weiblich > 55 Jahre
Genetische Prädisposition	Herzinfarkt bei Geschwistern/Eltern
Fettstoffwechselstörung	Hypercholesterinämie Erhöhtes Low-density-Lipoprotein (LDL) Erniedrigtes High-density-Lipoprotein (HDL) Hypertriglyceridämie
Blutdruck	Arterieller Hypertonus
Endokrine Ursachen	Diabetes mellitus
Suchterkrankung	Nikotinabusus
Ernährungszustand	Adipositas Bewegungsmangel

Tab.2: Risikofaktoren der KHK nach Hajar et al., 2017 [16]

Darüber hinaus gilt eine manifeste Herzinsuffizienz mit reduzierter linksventrikulärer Pumpfunktion als Kernrisikofaktor im Hinblick auf den SCA [17].

1.4 Herz-Kreislauf-Stillstand auf Grund anderer Ätiologien

Nicht immer ist das Herz ursächlich für den Herz-Kreislauf-Stillstand. Vielmehr kann die Problematik von anderen Organsystemen ausgehen oder getriggert sein.

Als Ursachen für den nicht kardial bedingten, plötzlichen Tod (sudden non cardiac death, SNCD) kommen pulmonale, infektiologische, neurologische und zerebrovaskuläre Pathologien in Frage [18].

Traumata, Ertrinken, Asphyxie, Intoxikationen sowie hypovolämischer (u.a. hämorrhagischer) Schock zählen zu den häufigsten extrakardialen Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstands [2].

1.5 Die kardiopulmonale Reanimation

1.5.1 Historie

Bei der Entwicklung der kardiopulmonalen Reanimation ist die der Beatmung und die der Herzdruckmassage voneinander zu unterscheiden.

Um 177 n. Chr. verwendete Galen einen Blasebalg um die Lungen eines toten Tieres aufzublasen. Eine Anwendung dieser „Beatmungstechnik“ kam beim Menschen nicht

zur Anwendung [19]. Um 1500 n. Chr. verwendete wiederum Paracelsus einen gewöhnlichen Kaminbalg, um einen Menschen zu beatmen. Es handelte sich hierbei um eine Methode, die über 300 Jahre in Europa Verwendung fand [20]. Die Beatmungstechniken entwickelten sich über die Zeit vielseitig weiter. 1858 beschrieb Henry Silvester beispielsweise eine Beatmungstechnik, bei der der Patient auf dem Rücken gelagert und die Arme immer wieder über den Kopf gehoben werden. Hierbei sollte mit dem entstandenen Unterdruck Luft in die Lungen gesaugt werden [21].

1874 beschrieb Hake die erste offene Herzmassage durch den Physiologen Schiff in einem Tierexperiment. Während er in dem Experiment Äther- und Chloroform-Anästhesie verglich, verursachte letzteres den Herzstillstand. Diesen behandelte er durch eine offene Herzmassage mit zusätzlich rhythmischer Kompression der Bauchorta [22]. Boehm führte 1878 in einem Tierversuch mit Katzen eine geschlossene Herzdruckmassage zur Wiederherstellung der Herz-Kreislauffunktion durch [23]. Der Schweizer Chirurg Neihans wandte kurze Zeit später erfolglos eine offene Herzmassage bei Patienten an [24]. Der französische Chirurg Tuftier führte 1898 wiederum bei einem Patienten mit dem Verdacht auf eine akute Lungenembolie die erste offene Herzmassage mit dem kurzzeitigen Wiedereinsetzen der Herzaktivität durch [25]. Erst mit der Entwicklung der Anästhesie und der Thoraxchirurgie Anfang der 1930er Jahre wurde die offene Herzmassage beim Menschen häufiger eingesetzt [24].

Die Technik der heute angewandten kardiopulmonalen Reanimation (CRP, Cardiopulmonary Resuscitation) wurde Ende der 1950er Jahre entwickelt. Elam & Safar beschrieben die Technik der Mund-zu-Mund-Beatmung erstmals [26]. Kouwenhoven et al. zeigten die Effektivität der manuellen Thoraxkompression in Kombination mit der Mund-zu-Mund-Beatmung und ergänzten diese im Jahr 1957 mit der Defibrillation [27]. Die moderne CPR basiert bis heute auf diesen drei Säulen [5].

Der Erfolg einer CPR setzt eine weite Verbreitung der angewandten Techniken voraus. Beck und Leighninger erkannten dies und bildeten bereits 1930 Reanimationsteams aus [28]. Da jedoch die meisten Herzstillstände außerhalb des Krankenhauses vorkommen, wurden seit den 1960er Jahren mobile, mit Ärzten besetzte Ambulanzen zur Behandlung des OHCA eingesetzt [28].

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Entwicklung der fünf Haupttheorien zur Physiologie einer kardiopulmonalen Reanimation [29].

Theorie	Autoren	Beschreibung
Cardiac pump	Kouwenhoven et al. 1960 Maier et al. 1984 Higano et al 1990 Redberg et al. 1993 Pell et al. 1994 Kim et al. 2008	<ul style="list-style-type: none"> - Blutfluss wird durch direkte Kompression der Ventrikel erzeugt - Das Herz fungiert als Pumpe - Die Ventrikel werden passiv durch den Unterdruck bei der Entlastung diastolisch gefüllt - Die atrioventrikuläre Klappen sind während der Kompression geschlossen - Aorten- und Pulmonalklappen öffnen sich, sobald die intraventrikulären Drücke die aortalen und pulmonalen diastolischen Drücke übersteigen
Thoracic pump	Rudikoff et al. 1980 Rosborougj et al. 1981 Werner et al. 1981	<ul style="list-style-type: none"> - Der Blutfluss erfolgt nicht durch direkte Herzkompressionen, sondern durch einen thorakalen Pumpmechanismus - Erhöhter intrathorakaler Druck während der Kompression zwingt das Blut aus den Thoraxgefäßen in den Körperkreislauf - Das Herz fungiert als Kanal und nicht als Pumpe - Die Kompression führt zu einem einheitlichen Druckanstieg innerhalb des gesamten intrathorakalen Kompartiments - Die Mitralklappe ist während des gesamten Herzzyklus offen, die Ventrikelgrößen ändern sich nur minimal
Left atrial pump	Ma et al. 1995	<ul style="list-style-type: none"> - Ähnlich wie die Thoraxpumpen-Theorie, jedoch mit gleichzeitigem Vorwärtsfluss durch eine offene Mitralklappe und rückwärts gerichtetem pulmonal-venösem Fluss während der Thoraxkompression - Der linke Vorhof, nicht der linke Ventrikel ist das Ziel von Kompressionen
Lung pump	Shaw et al. 1997	<ul style="list-style-type: none"> - Das Herz fungiert weder als Pumpe noch als Kanal, sondern ist Teil eines größeren Pumpsystems - Einlass- (Pulmonalklappe) und Austrittsstelle (Aortenklappe) einer Kompressionskammer (Lungengefäße und linksseitige Herzkammern)
Respiratory pump	Convertino et al. 2011	<ul style="list-style-type: none"> - Weitere Variante der Theorie der Thoraxpumpe - Die Verstärkung des negativen intrathorakalen Drucks während der Dekompressionsphase - Verwendung einer Impedanzschwellenvorrichtung erhöht den Blutfluss zum Herzen und zum Gehirn

Tab.3: Übersicht über Theorien der kardiopulmonalen Reanimation nach Cipani et al., 2019 [29]

1.5.2 Entwicklungsprozess der Leitlinien der kardiopulmonalen Reanimation

Zur Entwicklung der Leitlinien und Überprüfung derer Sinnhaftigkeit wurde ein wissenschaftliches Komitee gegründet, das International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR). Das ILCOR setzt sich aus Vertretern der American Heart Association (AHA), des European Resuscitation Council (ERC), der Heart and Stroke Foundation of Canada (HSFC), des Australian and New Zealand Committee on Resuscitation (ANZCOR), des Resuscitation Council of Southern Africa (RCSA), der Inter-American Heart Foundation (IAHF) und des Resuscitation Council of Asia (RCA) zusammen.

Seit dem Jahr 2000 evaluieren Mitglieder aller ILCOR-Organisationen die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse bezüglich der Reanimation im 5-Jahres-Turnus. Die letzte entsprechende internationale Konsensus-Konferenz fand im Februar 2015 in Dallas (Texas, USA) statt.

Die daraus hervorgehenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind die Basis der aktuell gültigen Leitlinien des ERC 2015 sowie aller anderen Organisationen.

1.5.3 Leitlinie des European Resuscitation Council (ERC), Stand 2015

1.5.3.1 Die Überlebenskette

Die Leitlinie beinhaltet die sogenannte Überlebenskette, an der sich Laien wie auch medizinisches Fachpersonal orientieren können (Abb.1).

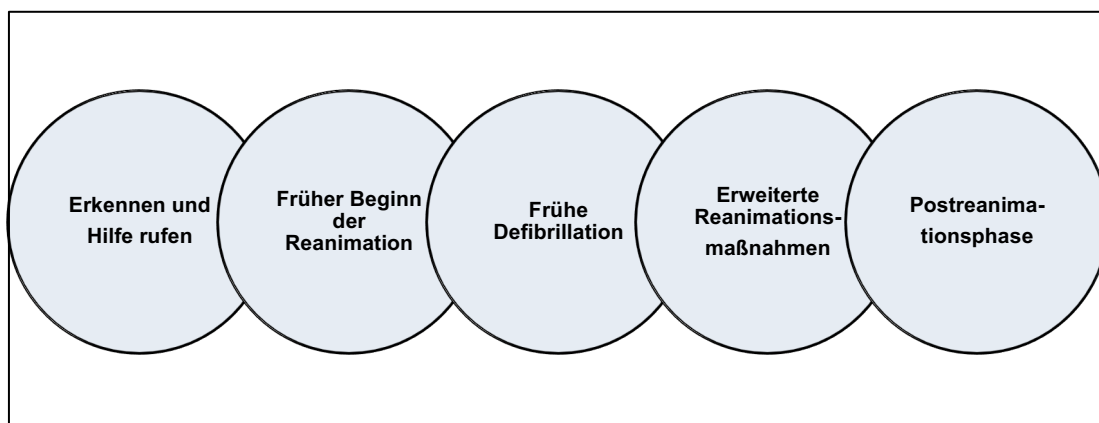


Abb.1: Die Überlebenskette, modifiziert nach Monsieurs et al., 2015 [30]

Der Algorithmus beginnt mit dem Erkennen des Notfalls und dem schnellen Absetzen des Notrufes. Die in den Leitlinien definierten Indikationen für den Beginn der Wiederbelebungsmaßnahmen sind eine fehlende Reaktion des Betroffenen auf

Ansprache und eine nicht normale Atmung. Nach Schritt 1 sollte unmittelbar mit dem zweiten Schritt der Überlebenskette, der kardiopulmonalen Reanimation, begonnen werden. Dazu zählen Thoraxkompressionen und Beatmung. Falls erforderlich, kann der Ersthelfer durch den Leitstellendisponenten im Sinne einer Telefonreanimation angeleitet werden. Ersthelfer, die entsprechend ausgebildet und hierzu in der Lage sind, sollten Thoraxkompressionen mit Atemspenden kombinieren. Wenn der Notfallzeuge nicht ausgebildet oder aus anderen Gründen nicht in der Lage ist Beatmungen durchzuführen, werden ausschließlich Thoraxkompressionen durchgeführt [30].

Die Reanimationsmaßnahmen müssen bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes fortgesetzt werden [31]. Als dritter Schritt erfolgt die frühe Defibrillation, falls diese indiziert ist. Hierbei helfen öffentlich zugängliche, automatisierte externe Defibrillatoren (AED), die eine frühe Defibrillation auch durch den Laien ermöglichen [32].

Der AED analysiert den Herzrhythmus des Patienten. Ein Elektroschock wird nur freigegeben, wenn ein defibrillierbarer Rhythmus vorliegt und durch den AED erkannt wird. Zudem unterstützen die meisten verfügbaren Geräte den Ersthelfer durch Instruktionen oder Signale im Zuge der Durchführung der CPR.

Im vierten Schritt erfolgen durch geschultes medizinisches Personal erweiterte Reanimationsmaßnahmen, zu denen unter anderem das Atemwegsmanagement, die Medikamentengabe und – falls möglich – die Behebung der Ursache zählen. Bei einem IHCA gelten die oben beschriebenen Abläufe analog.

Die Postreanimationsphase wurde als wesentlicher Bestandteil der Überlebenskette in die Leitlinien aufgenommen [30, 33].

Diese Phase beginnt mit Wiedereinsetzen des Spontankreislaufs. Von hier an wird das Ziel einer restitutio ad integrum verfolgt.

1.5.3.2 Basic-Life-Support mit automatisiertem, externem Defibrillator

Zur Vereinfachung der Abläufe wurde in den Leitlinien der BLS-AED-Algorithmus (BLS, Basic Life Support; AED, automatisierter externer Defibrillator) festgelegt (Abb.2).

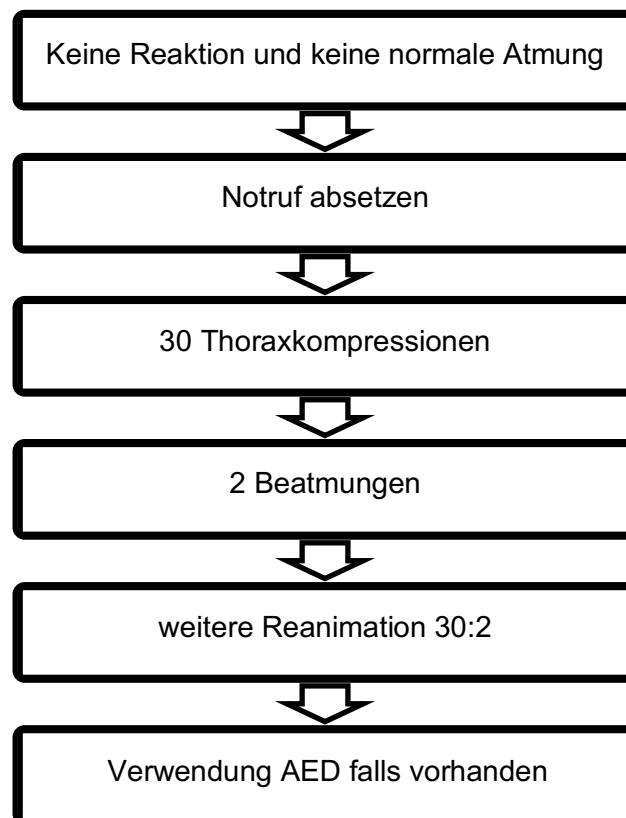


Abb.2: Der BLS-AED-Algorithmus, modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015 [34]

Das Erkennen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes ist insbesondere für medizinische Laien schwierig. Nachdem die eigene Sicherheit sowie die des Betroffenen gewährleistet ist, sollte der Ersthelfer zunächst den Bewusstseinszustand des Betroffenen mittels lauter Ansprache, Anfassen und ggf. Schütteln überprüfen (Abb.3). Reagiert der Hilfsbedürftige nicht, erfolgt die Überprüfung der Atmung. Hierbei muss der Kopf des Betroffenen überstreckt werden und das Kinn des Bewusstlosen nach vorne gezogen werden, um die Atemwege frei zu machen (Abb.3) [34, 35].

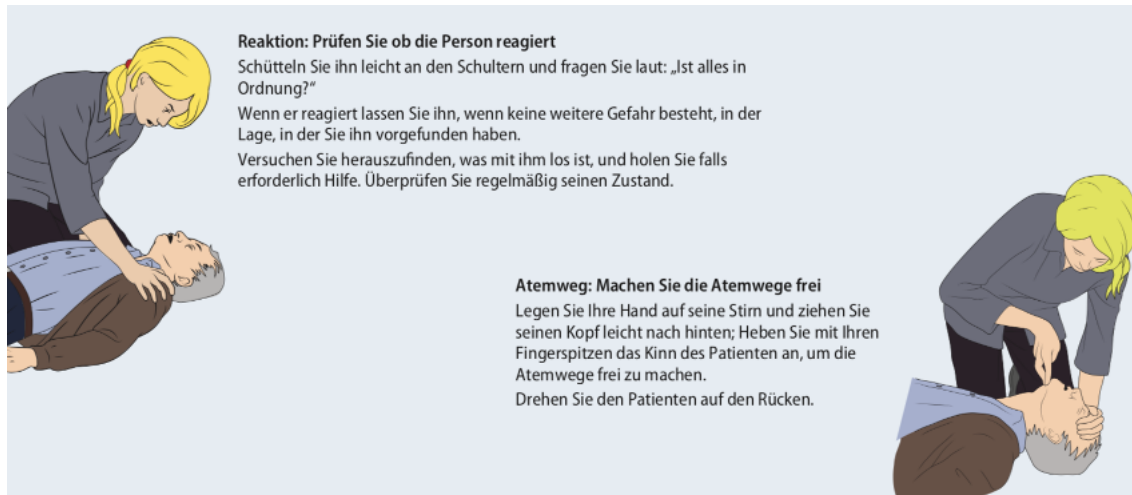


Abb.3: Reaktion und Atemweg. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015 [34]

Anschließend erfolgt die Überprüfung der Atmung durch Sehen, Hören und Fühlen. Es sollte darauf geachtet werden, ob der Brustkorb sich hebt und senkt, sowie darauf, ob Atemgeräusche vorhanden sind. Dabei sollte die Wange über den Mund des Betroffenen gehalten werden, um ggf. einen Atemzug zu spüren (Abb.4). Diese Überprüfung sollte nicht länger als 10 Sekunden dauern. Besteht keine normale Atmung, ist ein Notruf abzusetzen und es wird sofort mit der Reanimation begonnen [34, 35].

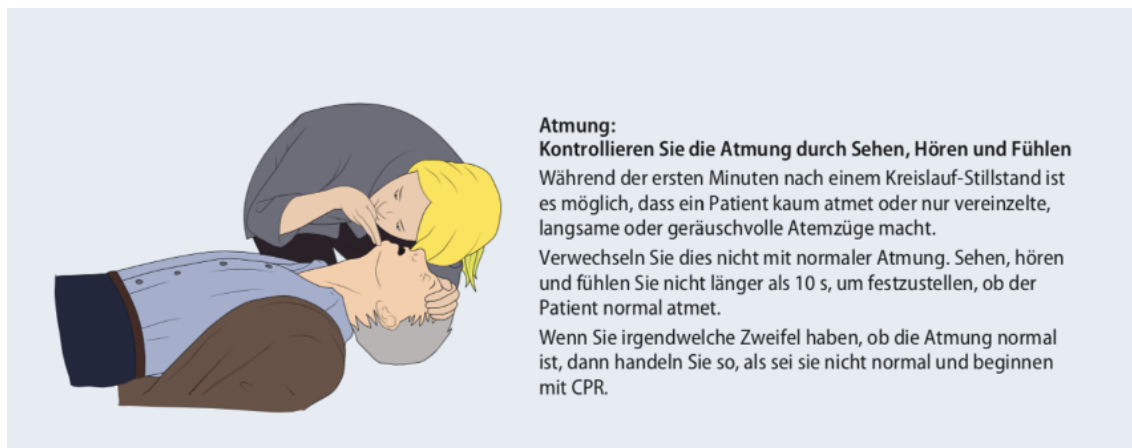


Abb.4: Kontrolle der Atmung. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015 [34]

Der Notruf sollte idealerweise durch eine zweite Person gewählt werden, damit die Reanimationsmaßnahmen sofort beginnen können. Falls möglich, sollte ein AED verwendet werden. Ist der Ersthelfer allein, sollte er ohne AED mit der kardiopulmonalen Reanimation beginnen [34, 35].

Im Rahmen der Reanimationsmaßnahmen werden zunächst Thoraxkompressionen durchgeführt. Dazu muss der Ersthelfer auf Thoraxhöhe neben dem Betroffenen knien.

Der Ballen der einen Hand des Helfers muss in der Mitte des entkleideten Brustkorbes, d. h. auf dem unteren Teil des Sternums, positioniert werden und der Ballen der anderen Hand wird auf die erste Hand gelegt [34, 35]. Gemäß aktueller Studien ist der ideale Druckpunkt für die Thoraxkompression das untere Drittel des Sternums [36-38]. Zur Vereinfachung wurde in den Leitlinien festgelegt, dass die Hände mittig auf dem Brustkorb positioniert werden sollen (Abb.5) [30, 34, 35].

Die Finger beider Hände sollten nun ineinander verschränkt werden, die Arme sollten durchgestreckt sein und die Schultern sollen sich senkrecht über dem Brustkorb des Betroffenen befinden. Das Brustbein soll mindestens 50 mm und maximal 60 mm nach unten gedrückt werden. Nach jeder Kompression ist der Brustkorb voll zu entlasten. Hierbei verbleiben die Hände des Helfers auf dem Brustkorb des Betroffenen [35, 39-42].

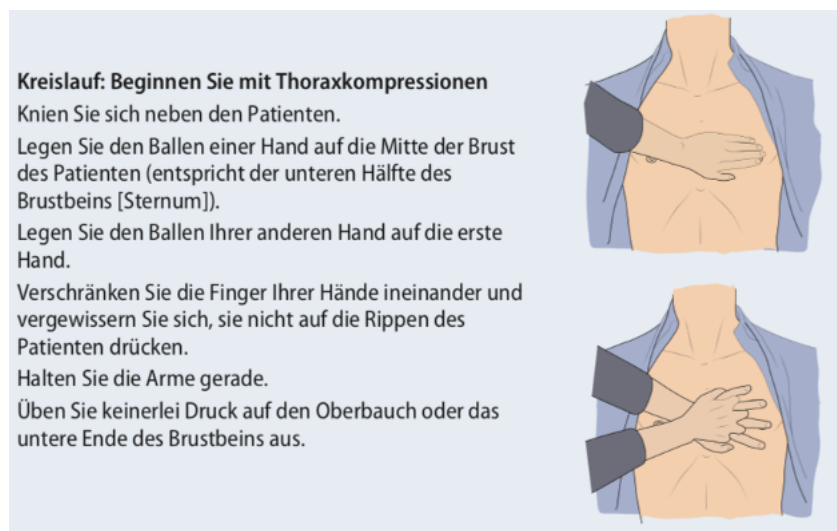


Abb.5: Vorbereitung der Thoraxkompression. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015 [34]

Die Frequenz der Kompressionen soll 100-120 pro Minute betragen [34, 35, 43, 44]. Ist der Ersthelfer dazu in der Lage, im Wechsel mit den Thoraxkompressionen Beatmungen durchzuführen, sollten die ersten Beatmungen nach 30 durchgeführten Kompressionen erfolgen. Dazu müssen die Atemwege freigemacht werden, indem der Kopf überstreckt und das Kinn nach vorne geschoben wird. Die Nasenflügel sollten zugeedrückt und der Mund des Betroffenen geöffnet werden. Anschließend muss der Helfer den Mund des Betroffenen mit den Lippen umschließen und für ca. 1 Sekunde in den Mund blasen, sodass sich der Brustkorb des Betroffenen sichtbar hebt.

Nach Durchführung der Beatmung hebt der Helfer seinen Kopf vom Mund des Betroffenen während der Kopf weiterhin überstreckt bleibt. Dieser Vorgang wird ein zweites Mal wiederholt bevor die Thoraxkompressionen fortgeführt werden.

Thoraxkompressionen und Beatmungen sollten im Verhältnis 30:2 durchgeführt werden. Insgesamt sollten die zwei Beatmungen nicht länger als 10 Sekunden dauern (Abb.6) [34, 35].

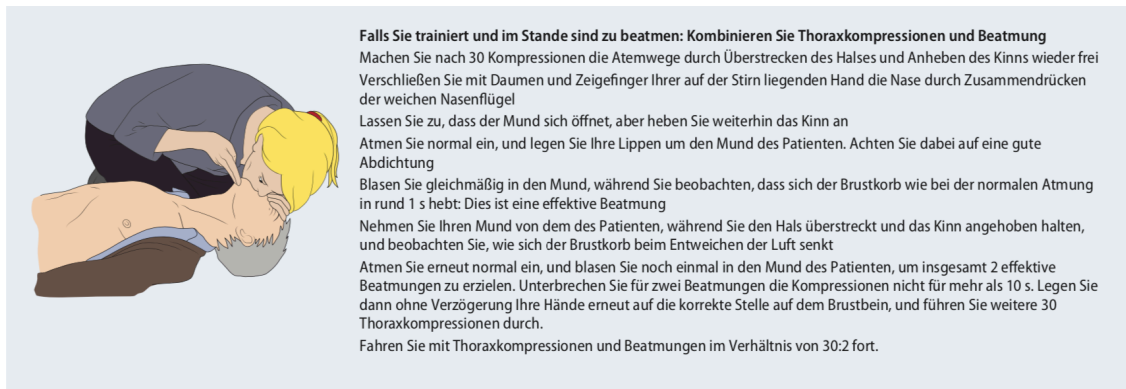


Abb.6: Beatmung durch einen trainierten Helfer. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015 [34]

Ist der Ersthelfer aus Angst oder Ekel nicht in der Lage eine Beatmung durchzuführen oder ist er aufgrund seines Wissensstandes hierzu nicht in der Lage, werden nur die Thoraxkompressionen durchgeführt (Abb.7).

Die Kombination aus Thoraxkompressionen und Atemspenden wird weiterhin empfohlen, wenngleich die Wichtigkeit der Thoraxkompression zunehmend betont wird [34, 35].



Abb.7: Thoraxkompression. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015 [34]

Sobald ein AED verfügbar ist, wird das Gerät aktiviert und den Anweisungen des Geräts Folge geleistet. Die Klebeelektroden werden auf dem Brustkorb des Patienten angebracht (Abb.8). Wenn möglich, sollte dies erfolgen, ohne dass die Thoraxkompressionen unterbrochen werden [34, 35].

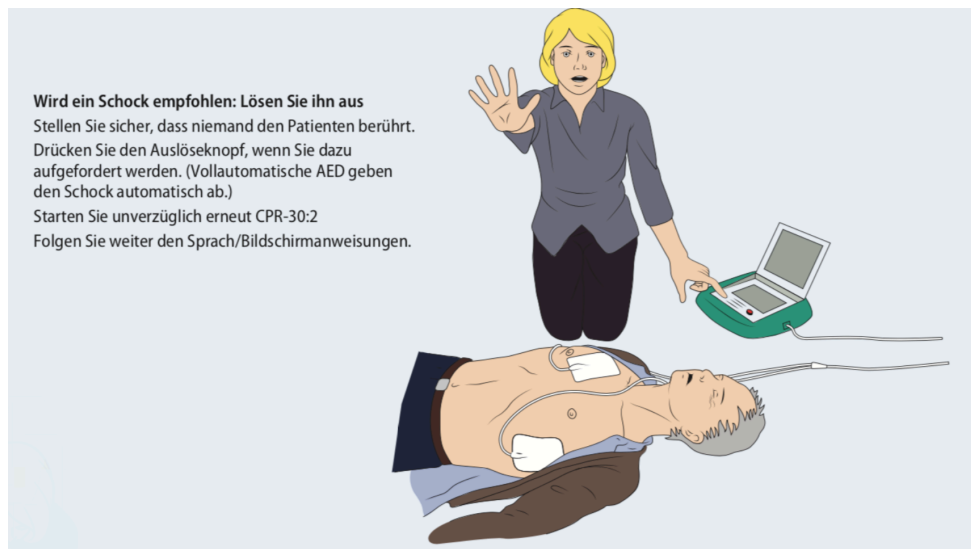


Abb.8: Schockabgabe durch den AED. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015 [34]

Während der AED den Herzrhythmus analysiert, sollte der Betroffene nicht berührt werden. Wird durch den AED ein zu defibrillierender Herzrhythmus festgestellt, lädt das Gerät automatisch und der Schock wird durch den Ersthelfer abgegeben. Während der Schockabgabe darf niemand den Patienten berühren (Abb.8). Nach Schockabgabe müssen unverzüglich die Thoraxkompressionen fortgeführt werden. Empfiehlt der AED keine Schockabgabe, werden die Reanimationsmaßnahmen ohne Schockabgabe im Verhältnis 30:2 fortgeführt (Abb.9) [34, 35]. Eine frühe Rhythmusanalyse durch einen AED und eine sofortige Schockabgabe bei defibrillierbaren Rhythmen bewirkt gemäß einer Studie von Blom et al. eine Verbesserung des Überlebens der Patienten [45]. Dies soll durch öffentlich zugängliche AEDs ermöglicht werden [46].

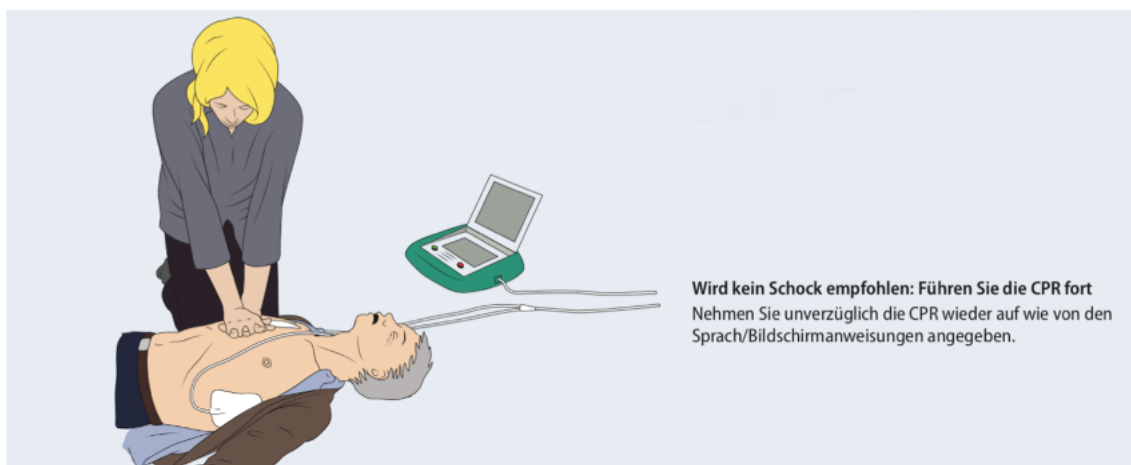


Abb.9: Fortführung der Thoraxkompression. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015 [34]

Die Reanimationsmaßnahmen sollen solange durchgeführt werden bis professionelle Hilfe eintrifft, der Helfer aus Erschöpfung hierzu nicht mehr in der Lage ist oder bis zum ROSC [30, 34, 35].

Der präkordiale Faustschlag nimmt in der aktuellen Leitlinie nur noch einen sehr begrenzten Stellenwert ein. Beim präkordialen Faustschlag handelt es sich um einen kurzen kräftigen Schlag aus etwa 20 cm Höhe auf das Sternum. Die Indikation ist laut Leitlinie nur bei am Monitor beobachtetem Kammerflimmern oder ventrikulärer Tachykardie zum Versuch der Kardioversion gegeben [47, 48].

Die Reanimation von Neugeborenen, Säuglingen und Kindern nimmt in der Leitlinie eine Sonderstellung ein [49].

Die Einteilung nach der Leitlinie erfolgt wie dargestellt:

- Neugeborene (die 4 ersten Lebenswochen)
- Säuglinge (4 Wochen bis zum 1. Lebensjahr)
- Kinder (1. Lebensjahr bis zum Beginn der Pubertät)
- Ab der Pubertät gilt die Reanimation nach Erwachsenenleitlinie

Bis hin zur Pubertät sollen die pädiatrischen Leitlinien angewendet werden [49]. Helfer, die keine spezifischen Kenntnisse in der pädiatrischen Reanimation haben und nur den BLS für Erwachsene beherrschen, sollen diesen Algorithmus verwenden. Es gilt die Maxime, dass das Ergebnis schlechter ist, wenn gar nicht reanimiert wird [49-52].

Im Gegensatz zum BLS bei Erwachsenen wird bei der pädiatrischen Reanimation nach Reklination des Kopfes und fehlender Atmung initial 5 mal für eine Sekunde beatmet [49, 50]. Es soll eine Mund-zu-Nasen Beatmung oder eine Mund-zu-Mund-Beatmung durchgeführt werden. Bei Säuglingen und Kleinkindern kann auf Grund der anatomischen Begebenheiten eine gleichzeitige Beatmung durch Mund und Nase notwendig sein. Die Suffizienz der Beatmung wird durch die sichtbare Hebung des Thorax gesichert. Die Kontrolle, ob ein verlegter Atemweg vorliegt, nimmt einen besonders wichtigen Stellenwert in der Reanimation bei Kindern ein [49, 50].

Im Gegensatz zum BLS bei Erwachsenen werden bei der pädiatrischen Reanimation die Thoraxkompressionen im Verhältnis 15:2 zur Beatmung durchgeführt [49, 50].

Die Kompressionsfrequenz liegt wie beim Erwachsenen bei 100-120 Kompressionen pro Minute [49, 50]. Der Druckpunkt befindet sich bei Säuglingen und Kindern auf der unteren Hälfte des Brustbeins. Die Kompressionstiefe unterscheidet sich hierbei jedoch nach dem Alter und dem Körperbau. Ist der Helfer allein, soll eine Reanimation mit nur zwei Fingern bei Säuglingen und Kleinkindern (<1 Jahr) erfolgen. Stehen mehr Helfer zur Verfügung, soll ein Helfer den Thorax mit seinen Händen umschließen, dorsal die

Rippen stützen und mit den Daumen eine Kompression ausführen. Die Tiefe soll ein Drittel des sagittalen Thoraxdurchmessers oder 4 cm betragen [50].

Bei Kindern ab dem ersten Lebensjahr wird die Thoraxkompression mit einer Hand empfohlen. Hier wird eine Kompressionstiefe von 5 cm angestrebt oder wieder ein Drittel des sagittalen Thoraxdurchmessers [49]. Bei größeren Kindern oder kleinen und leichten Helfern kann ebenfalls eine Reanimation mit beiden Händen erfolgen [50].

1.5.4 Qualitätsanalysen der kardiopulmonalen Reanimation

Die hohen Inzidenzen des Herz-Kreislauf-Stillstandes und insbesondere des SCA sowie des SCD zeigen die Notwendigkeit nationaler und internationaler Register, um die epidemiologische Bedeutung dieser Vorkommnisse, die Therapiemaßnahmen, das Therapieergebnis der Maßnahmen und damit die Qualität der Reanimation analysieren zu können [53]. Werkzeuge zur standardisierten Dokumentation von Herz-Kreislauf-Stillständen und der CPR zur besseren Vergleichbarkeit auf nationaler und internationaler Ebene stellen das sogenannte Utstein-Style-Protokoll und die vereinheitlichte Nomenklatur dar [54]. Erfasst werden dabei die einzelnen präklinischen Schritte und der jeweilige Zeitpunkt der Maßnahmen nach den standardisierten Vorgaben des Protokolls. Außerdem werden das Überleben nach Abschluss der präklinischen Versorgung und das Therapieergebnis nach 24 Stunden dokumentiert. Des Weiteren werden entsprechend des Utstein-Style-Protokolls die Anzahl der Reanimationen pro Jahr auf 100.000 Einwohner bezogen, um einheitliche Auswertungen der Inzidenzen zu ermöglichen. Auch das jeweilige Rettungssystem soll mit abgebildet werden, da dies für die Versorgungsstruktur entscheidend ist. Bei einem infrastrukturell stark ausgebildeten Rettungsnetz sind beispielsweise die Eintreffzeiten der professionellen Rettungskräfte am Einsatzort kurz. Das Rettungsteam behandelt daher potenziell auch Notfallpatienten, die möglicherweise eine schlechtere Prognose haben. Im Gegensatz dazu hat eine schwächere Infrastruktur im Rettungsdienst spätere Eintreffzeiten am Unglücksort zur Folge, was mit einer entsprechenden Verschiebung des Patientenspektrums und Auswirkungen auf die Therapieergebnisse assoziiert ist [55]. Mit Hilfe der Utstein-Kriterien sind Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand, die reanimiert werden, in Bezug auf ihre Erfolgsaussichten klassifizierbar. Berücksichtigt werden dabei der Zustand des Patienten, die Qualität der Laienhilfe, die Struktur des Rettungsdienstes, die Rettungskette sowie die Qualität und Struktur des aufnehmenden Krankenhauses.

1.5.5 Die Bedeutung der Laienreanimation

Wie bereits beschrieben, hat das schnelle Ergreifen von therapeutischen Maßnahmen einen substantiellen Einfluss auf die Prognose von reanimationspflichtigen Patienten.

Der sofortige Beginn der Reanimation verdoppelt bis vervierfacht die Überlebensrate beim plötzlichen Herztod. Rasches Handeln kann demnach die 1-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit der Patienten in einem relevanten Ausmaß steigern [8-10, 56]. Aufgrund der geringen Ischämietoleranz des Gehirns und anderer vitaler Organe ist der Zeitfaktor im Rahmen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes von entscheidender Bedeutung [57].

Die Ersthelfer spielen damit eine wichtige Rolle. Somit ist im Rahmen der CPR ein frühes Erkennen des Herz-Kreislauf-Stillstandes, ein schnelles Absetzen des Notrufes und der sofortige Beginn der Reanimationsmaßnahmen entscheidend für das Überleben. Es existieren App-Systeme, die im Falle eines OHCA reanimationswillige Laien in der Nähe des Geschehens informieren, um für eine schnelle Initiierung der Reanimationsmaßnahmen zu sorgen. Caputo et al. zeigten, dass die Benutzung eines mobilen App-Systems eine sehr effektive Methode bei der Rekrutierung von Ersthelfern darstellt. Die rekrutierten Laien verkürzten die Zeit bis zum Beginn der kardiopulmonalen Reanimation deutlich und konnten damit die Überlebensraten erhöhen. Ringh et al. konnten in ihrer Studie 2015 einen ähnlichen Effekt beschreiben [58]. Die Suffizienz der Laienreanimation wird durch diese Ergebnisse gestützt. Maßnahmen sind daher anzustreben, die die Quote der Laienreanimationen bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes steigern.

Durch die Sensibilisierung der Bevölkerung für das Krankheitsbild kann erreicht werden, dass Symptome frühzeitig erkannt und ernst genommen werden. Damit sollen Zeitverluste minimiert und die Rate des Ergreifens von Reanimationsmaßnahmen gesteigert werden [59]. Zahlreiche Maßnahmen von Hilfsorganisationen oder Fachgesellschaften zeigten trotz des Versuchs einer Sensibilisierung der Bevölkerung nur unzureichende Effekte [60-64]. Die Gründe hierfür sind multifaktoriell, wobei die Unsicherheit bezüglich präklinischer „Fehler“ bei den Ersthelfern im Vordergrund zu stehen scheint [65-67].

1.6 Hilfsgeräte bei der kardiopulmonalen Reanimation

Um die Qualität der kardiopulmonalen Reanimation zu verbessern und dem Ersthelfer sowie den professionellen Helfern Hilfestellungen bei der Reanimation zu geben, wurden in den letzten Jahren verschiedene Hilfsmittel entwickelt. Sie sollen die Helfer bei der Reanimation anleiten und/oder Rückmeldung über die Qualität der Reanimation geben. Ziel ist es, die Wahrscheinlichkeit des ROSC und somit die Überlebensraten zu erhöhen [68]. Formen der Unterstützung können Metronome, sprachliche oder visuelle Rückmeldungen, Zahlen-Displays, Wellenbilder oder visuelle Alarmer sein. Die Hilfsmittel reichen somit von einfachen bis hin zu sehr komplexen Geräten, die in Echtzeit

audiovisuelle Rückmeldungen geben [1]. Zum Teil sind die Hilfsmittel mit einem AED verbunden [69]. In den letzten Jahren wurden sogar Smartphone-Anwendungen zur Unterstützung von Reanimationsmaßnahmen entwickelt [70]. Im folgenden Abschnitt folgt eine exemplarische Darstellung verschiedener Unterstützungsgeräte:

Die CardioPump® ist eine Reanimationshilfe, die den Thorax mit dem Zug durch eine Saugglocke aktiv dekomprimieren kann. Diese Form der Reanimation wird als aktive Kompression mit kombinierter aktiver Dekompression (ACD-CPR, active compression-decompression resuscitation) beschrieben (Abb.10). Sie soll damit den venösen Rückstrom in der Diastole steigern [31].



Abb.10: ResQCPR® (CardioPump® +ResQPOD ITD®) Mit freundlicher Genehmigung der Firma Zoll Medical GmbH (Köln, Deutschland).

In Kombination mit dem Impedanzventil ResQPOD ITD® (ITD; Impedance Threshold Device) wird die CardioPump® als ResQCPR® von der Firma Zoll vertrieben (Abb.10). Das ResQPOD ITD® verhindert den passiven Luftrückstrom in den Thorax während der Entlastungsphase der Kompression. Hierdurch soll der intrathorakale Druck gesenkt werden und der venöse Rückstrom erhöht werden [71].

Das CPRmeter™ (Laerdal, Stavanger, Norwegen) erfasst durch einen Beschleunigungssensor und einen Drucksensor die Kompressionstiefe und -frequenz (Abb.11).



Abb.11: CPRmeter™ (Laerdal, Stavanger, Norwegen) [72].

Es ermöglicht eine visuelle Rückmeldung über Kompressionsrate, -tiefe und Entlastung während der CPR [68].

Der Einsatz des CPRmeters™ verbesserte die Qualität der kardiopulmonalen Reanimation bei unerfahrenen Studierenden signifikant [73].

Der TrueCPR® ermöglicht die Messung der Tiefe von Brustkorbkompressionen auf der Grundlage der dreidimensionalen Induktion eines Magnetfeldes (Abb.12).



Abb.12: TrueCPR® Mit freundlicher Genehmigung von Stryker Emergency Care Circulatory Solutions [74].

Das Gerät verwendet hierfür zwei Sensoren. Die eine Komponente wird auf dem Thorax platziert, die andere unter dem Rücken des Patienten. Die analysierten Daten umfassen die Kompressionstiefe und -rate des Thorax und werden auf dem Display dargestellt. Das Gerät ist zusätzlich mit einem Metronom ausgestattet [75].

Auch im professionellen medizinischen Umfeld gibt es Hilfsmittel zur Reanimation, wie das Lund-University-Cardiac-Arrest-System (LUCAS®, Physio-Control/Jolife AB, Lund, Sweden) (Abb.13).



Abb.13: LUCAS® (Physio-Control/Jolife AB, Lund, Sweden) Mit freundlicher Genehmigung von Stryker Emergency Care Circulatory Solutions [76].

Hierbei handelt es sich um ein Gerät, welches mittels eines Kolbensystems und einer Saugglocke automatisierte Kompressionen und Dekompressionen des Thorax während einer Reanimation durchführt [77].

2 Fragestellung

Die frühe und suffiziente Reanimation ist der für das Outcome wichtigste Faktor beim Auftreten eines SCA.

Die vorliegende Arbeit untersucht die Auswirkungen der Verwendung der Reanimationshilfe Cardio First Angel® (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland) auf die Qualität der Reanimationsmaßnahmen in verschiedenen Probandengruppen. Die Wirksamkeit des Gerätes soll an einem standardisierten Reanimationsmodell überprüft werden. Hierbei wird das Überprüfen der korrekten Position, die ausreichende Kompressionstiefe und das Erreichen der empfohlenen Kompressionsfrequenz aufgezeichnet. Zielgruppe der Analyse waren Laienhelfer, im Vergleich zum medizinischen Fachpersonal und Medizinstudierenden. Untersucht wird nicht nur die objektiv gemessene Reanimationsleistung, sondern auch die Selbsteinschätzung des Reanimationskönnens des Einzelnen. Von besonderem Interesse ist, ob der CFA Akzeptanz in den Gruppen des Fachpersonals und der Laien findet.

Somit stellt sich die Frage, ob potenzielle Ängste abgebaut werden und ob der Wissensvorsprung der Gruppe des medizinischen Fachpersonals durch eine Reanimationshilfe ausgeglichen werden kann.

3 Material und Methodik

3.1 Material

3.1.1 Aufbau der Reanimationshilfe Cardio First Angel®

Der im Rahmen der vorliegenden Arbeit zu untersuchende CFA wird in Abbildung 14 dargestellt.



Abb.14: Cardio First Angel® (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland) Grundplatte (schwarz); Hauptplatte (weiß); Druckknopf (rot). Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.

Es handelt sich dabei um ein tropfenförmiges Gerät, welches kompakt konzipiert ist (maximale Länge und Breite 17,0 cm x 11,0 cm, maximale Höhe 5,5 cm) und aus drei Einheiten besteht. Bei seiner Anwendung wird es zwischen dem Thorax des Patienten und den Händen des Reanimierenden platziert. Die erste Einheit bildet die Grundplatte und damit die Kontaktfläche zur Haut des zu Reanimierenden. Sie besteht aus einem stabilen Polyurethan-Weichschaumstoff, der eine ideale Druckübertragung und -verteilung gewährleisten soll. Eine Erklärung zur physiologischen Unbedenklichkeit des Weichschaumstoffs (KO-T902DH Typ 1.9H) durch den Hersteller (Winterhalder Selbstklebetechnik GmbH, Heitersheim, Deutschland) liegt vor und ist im Anhang einsehbar. Die mittlere Einheit bildet eine weiße Polyethylen-Hauptplatte, an deren Unterseite die erste Einheit montiert ist.

Die letzte Einheit bildet ein runder roter Druckknopf, der wiederum mit der weißen Hauptplatte verbunden ist. Er dient der Auflage der Hände des Helfers während der Reanimation.

Auf seiner Oberfläche befinden sich drei nummerierte Piktogramme (Abb.15), welche die wichtigsten Schritte der Reanimation und die Handhabung des Gerätes erläutern.



Abb.15: Aufsicht auf das Cardio First Angel®-Hilfsmittel (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland) Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.

Entfernt man den Druckknopf, so zeigt sich im Inneren eine Tellerfeder, welche für das akustische Feedback verantwortlich ist (Abb.16).



Abb.16: Aufsicht auf die Hauptplatte des Cardio First Angel®; Innenansicht nach Entfernung des Druckknopfs.

Auf der Unterseite des Druckknopfes sind 5 Schraubfedern fixiert (Abb.17). Die 4 Schraubfedern im äußeren Ring des Druckknopfes haben einen Widerstand von 400 ± 30 N. Die zentralgelegene Schraubfeder ist um die Hälfte kürzer als die äußeren und liegt im montierten Gerät der Tellerfeder auf.

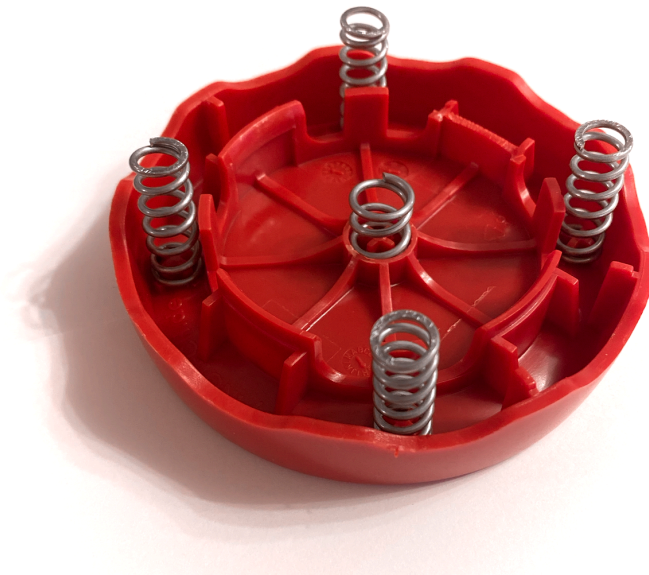


Abb.17: Cardio First Angel®: Unterseite des Druckknopfes.

Abbildung 18 zeigt eine technische Zeichnung aus der Patentschrift des CFA im Querschnitt. Anhand des Querschnitts lässt sich der entscheidende Ablauf in der Funktion des CFA gut beschreiben. Bei der Kraftübertragung auf den Druckknopf leiten die äußeren Sprungfedern die Energie auf die Grundplatte.

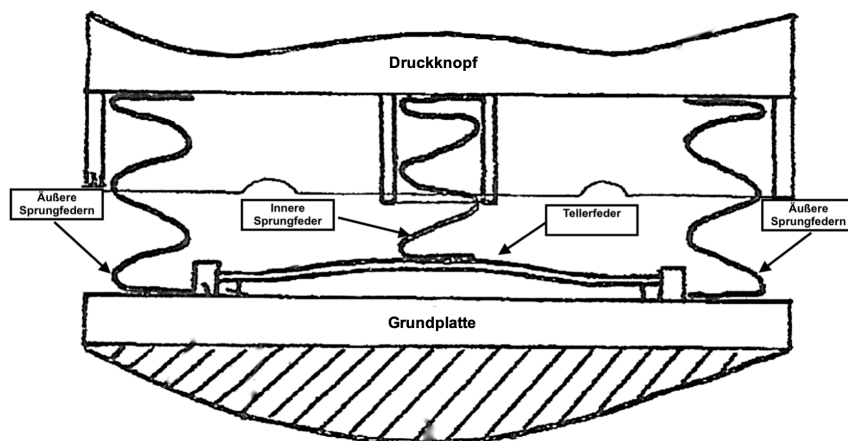


Abb.18: Modifizierte technische Zeichnung des Cardio First Angel®: Querschnitt des Cardio First Angel®

Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.

Die innere Sprungfeder beginnt, aufgrund des um die Hälfte kürzeren Federweges, erst kurz vor Erreichen der maximalen Federkraft mit der Verformung. Sobald eine Krafteinwirkung von 400 ± 30 N und somit die maximale Federkraft der äußeren Federn

erreicht ist, hat auch die innere Feder ihren maximalen Federweg erreicht. Es beginnt die sofortige Kraftübertragung auf die Tellerfeder. Die Tellerfeder verformt sich unter dieser Kraft und gibt ein charakteristisches „Klicken“ wieder.

Bei der Entlastung kehren die äußeren Federn, gefolgt von der inneren, in ihren Ausgangszustand zurück. Ohne die Krafteinwirkung verformt sich die Tellerfeder zurück und gibt ein niederfrequenteres „Klacken“ wieder.



Abb.19: Positionierung des Cardio First Angel® (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland). Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.

Das Gerät muss mit der Schaumstoffseite zum Patienten auf der unteren Hälfte des Sternums platziert werden. Als Orientierungspunkt dient hierbei der kaudalste Teil des Sternums, wo die Rippenbögen zusammenlaufen (Abb.19).

Der Aufbau des Gerätes ermöglicht eine einfache Handhabung und ist optimiert für den Laiengebrauch. Es handelt sich um ein rein mechanisches Gerät, das keinen Strom und keine Druckluft benötigt.

Der Reanimierende legt in kniender Position eine Hand auf den roten Druckknopf, die zweite Hand auf die erste, hält beide Arme gestreckt und verlagert seinen Körperschwerpunkt über das Gerät. Die Körperhaltung des Reanimierenden sowie die technische Durchführung der Kompressionen entsprechen somit denen des konventionellen BLS ohne Hilfsmittel. Durch Druck auf das Gerät wird die Kraft auf den

Knopf und mittels der Schraubfedern über die Hauptplatte sowie den Schaumstoff auf den Thorax übertragen.

Gemäß Herstellerangaben ist bei einer Krafteinwirkung von 400 ± 30 N, was einer Kompressionstiefe von 50-60 mm entsprechen soll, ein akustisches Signal in Form eines Klickens zu hören. Dieses Geräusch dient als akustische Rückmeldung an den Reanimierenden darüber, dass die anzustrebende Kompressionstiefe erreicht wurde. Nun soll die Entlastungsphase eingeleitet werden. Bei vollständiger Entlastung des Brustkorbes ist ein Klack-Geräusch hörbar, welches sich vom ersten Signal unterscheidet.

3.1.2 Messgeräte

Die Versuche wurden mit Hilfe einer Reanimationspuppe (Ambu® Man Torso, Ambu A/S, Ballerup, Dänemark) durchgeführt. Mit ihrer Hilfe können standardisiert der richtige Druckpunkt, die Kompressionstiefe und –frequenz erfasst werden. Die Untersuchungsdaten wurden in Echtzeit per USB-Schnittstelle an einen Computer weitergeleitet und mit Hilfe der Software Ambu® CPR (Version 3.1.1, Ambu A/S), entsprechend der Empfehlungen der European-Rescue-Council-Leitlinie 2015, ausgewertet und gespeichert (Abb.20). In Übereinstimmung mit der Leitlinie wurden eine Drucktiefe von 50-60 mm, eine Frequenz von 100-120/Minute und eine Druckposition in der Mitte des Brustkorbes (entspricht der unteren Hälfte des Sternums) als korrekt gewertet.

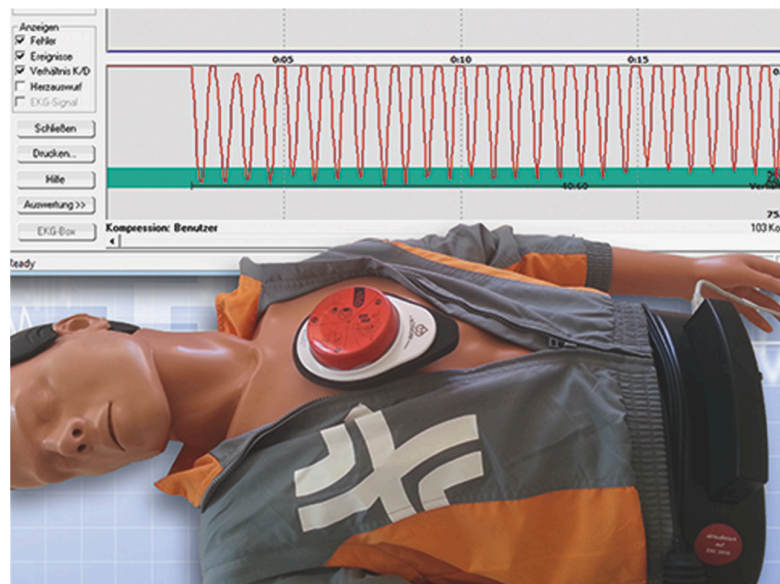


Abb.20: Versuchsaufbau mit dem Ambu® Man Torso (Ambu A/S, Ballerup, Dänemark). Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.

3.1.3 Fragebögen

Im Vorfeld der Studie wurde ein Fragebogen zur Erfassung demographischer und Studienthemen-spezifischer Parameter konzipiert. Dieser ist dem Anhang zu entnehmen. Die Probanden wurden nach zwei Reanimationszyklen an der Puppe gebeten, diesen auszufüllen. Der Fragebogen beinhaltete zunächst das Alter und das Geschlecht der Probanden. Wir erfragten die Bereitschaft, eine Reanimation durchzuführen. Anschließend wurden die Probanden gebeten, ihr Können im Hinblick auf die Reanimation auf einer Skala von „0“ (schlecht) bis „10“ (fehlerfrei) selbst einzuschätzen (die Bedeutung der Ziffern wurde mündlich erläutert). Für die Erfassung der Vorkenntnisse wurden die Probanden gefragt, ob sie schon einmal einen Erste-Hilfe-Kurs besucht hatten. Der nächste Abschnitt der Fragebögen beschäftigte sich mit der generellen Frage nach Unsicherheiten und der Spezifizierung von Ängsten. Für die Beantwortung der Akzeptanz einer Reanimationshilfe erfragten wir, ob der Wunsch nach selbiger besteht. Des weiteren wurde nach der Bereitschaft gefragt, ein solches Gerät käuflich zu erwerben und wenn dies bejaht wurde, zu welchem Preis (Freitextangabe in Euro). Die Antworten wurden in einer Tabelle erfasst.

3.2 Methodik

3.2.1 Studienkollektiv

Insgesamt wurden 294 Probanden in die Studie eingeschlossen, die fünf Gruppen zuzuordnen sind (Abb.21).

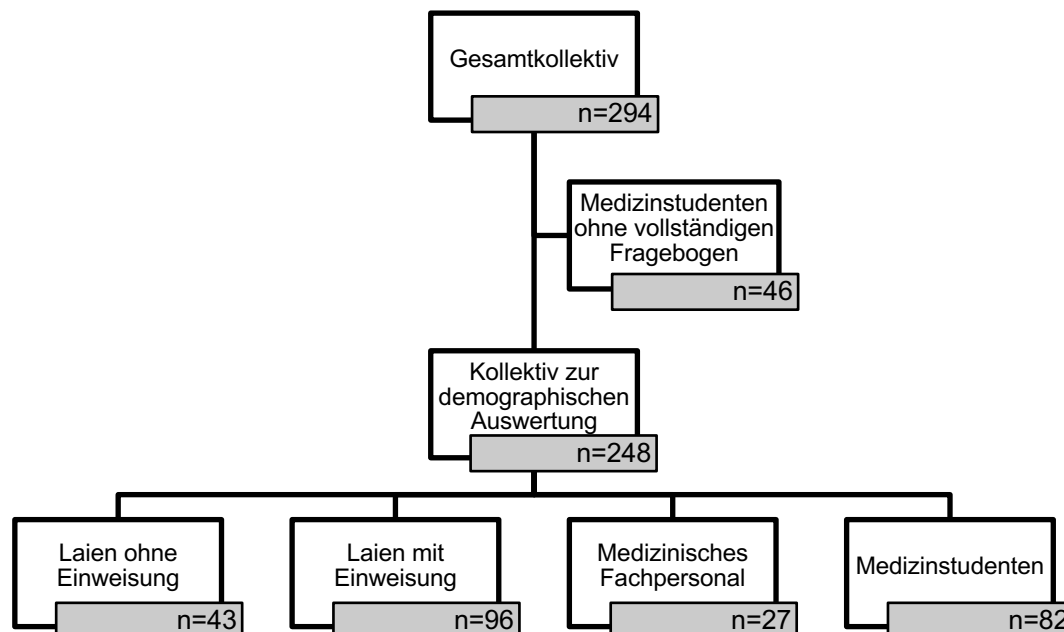


Abb.21: Darstellung des Studienkollektivs

Das Kriterium für die Gruppenbildung bestand in der unterschiedlichen Reanimationserfahrung. Die erste Subgruppe bestand aus Laien ohne Einweisung in

den CFA (n=43, Gruppe 1). Diese wurden zufällig in der Innenstadt Münchens innerhalb eines Tages rekrutiert und gebeten vor Ort an der Studie teilzunehmen. Eine zweite Gruppe von Laien wurde in gleicher Weise an einem anderen Tag in einem Einkaufszentrum in München rekrutiert (n=96, Gruppe 2). Die Probanden der zweiten Gruppe erhielten eine standardisierte, circa dreiminütige theoretische Einweisung in den Gebrauch des CFA. Die dritte Subgruppe bestand aus Mitarbeitern der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik (Ärzte und Pflegekräfte) am Standort Großhadern des Klinikums der Universität München, die an einem weiteren Tag rekrutiert wurden (n=27, Gruppe 3). Die vierte Subgruppe bestand aus Medizinstudenten der Ludwig-Maximilians-Universität München. Es handelte sich um Studenten des klinischen Abschnitts, die das „AINS“ Modul (Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerzmedizin), in dem BLS und ALS gelehrt werden, erfolgreich abgeschlossen hatten. Sie wurden auf dem Campus der Ludwig-Maximilians-Universität München, Standort Großhadern, an zwei Tagen um Teilnahme an der Studie gebeten (n=128, Gruppe 4). Leider wurde von 46 Medizinstudenten der Fragebogen nicht vollständig ausgefüllt, sodass nur von 82 Medizinstudenten demographische Daten vorhanden sind (Abb. 21). In die restlichen Auswertungen konnten alle 128 Medizinstudenten eingeschlossen werden.

Den Laien mit Einweisung in den CFA (Gruppe 2) wurde die Handhabung des Gerätes anhand der aufgedruckten Piktogramme (Abb. 22) erläutert.

Alle Probanden erklärten sich freiwillig zur Teilnahme an der Studie bereit.



Abb.22: Piktogramm zur Erklärung des Cardio First Angel® (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland). Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.

Der Ablauf der Reanimation wurde wie folgt erklärt:

- „Knien Sie sich bitte seitlich neben die Reanimationspuppe.“
- „Entkleiden Sie bitte den Oberkörper der Puppe.“
- „Tasten Sie bitte das untere Ende des Brustbeins.“
- „Positionieren Sie den CFA wie auf dem Piktogramm beschrieben auf dem Brustkorb.“
- „Legen Sie bitte die Handballen übereinander auf den roten Druckknopf.“
- „Halten sie ihre Ellenbogen dabei gestreckt.“
- „Bei der Thoraxkompression verlagern Sie Ihren Oberkörper möglichst über den CFA.“
- „Beim Erreichen der korrekten Tiefe während der Thoraxkompression ertönt ein lautes „Klick“. Während Sie den komprimierten Thorax entlasten, ertönt als zweites Signal ein „Klack“. Der Thorax ist nun entlastet. Sie können nun erneut mit der Kompression beginnen.“
- „Reanimieren Sie bitte in dieser Abfolge bis Sie von uns mitgeteilt bekommen, dass der Versuch beendet ist.“

3.2.2 Analysierte Parameter

Untersucht wurden Tiefe und Frequenz der Thoraxkompressionen sowie die Korrektheit der Druckpunktposition entsprechend der Positionierung der Hände auf dem Thorax. Die Zielwerte der Parameter wurden in Analogie mit den ERC-Leitlinien von 2015 folgendermaßen festgelegt: Thoraxkompressionstiefe 50-60 mm, Frequenz 100 bis 120 pro Minute, Druckpunktposition in der Mitte des Thorax (entspricht der unteren Hälfte des Sternums) [30].

3.2.3 Studienprotokoll

Nach Rekrutierung und Einwilligung zur Teilnahme an der Studie wurden die Probanden gebeten, zwei separate Herzdruckmassage-Zyklen an der bereitliegenden und bereits entkleideten Reanimationspuppe durchzuführen. Jeder Zyklus dauerte 60 Sekunden. Der erste Zyklus wurde hierbei konventionell mit den Händen ohne weitere Hilfsmittel und dem individuellen Kenntnisstand entsprechend durchgeführt. Ein Signal kennzeichnete Anfang und Ende der Zeitspanne. Der zweite Zyklus erfolgte unter Einsatz des CFA. Zwischen beiden Zyklen wurde eine Pause von einigen Minuten eingelegt, damit sich die Probanden regenerieren konnten. Im Anschluss wurde den Probanden das Gerät ausgehändigt. Mit Ausnahme der Laiensubgruppe, die wie oben beschrieben eine Einweisung in das Hilfsmittel erhielt, erfolgte keine Erläuterung des Gerätes selbst. Die Probanden hatten maximal eine Minute Zeit, um das Gerät zu positionieren und nach einem erneuten Signal mit dem zweiten Zyklus zu beginnen. Die Thoraxkompressionsleistung wurde, wie oben erläutert, in Echtzeit durch die zugehörige Software dargestellt, erfasst und war nur durch den Versuchsleiter einsehbar. Nach jeweils 50 Probanden wurde das Gerät gegen ein neues ausgetauscht, um Verfälschungen der Werte durch Verschleiß vorzubeugen. Nach Komplettierung des praktischen Versuchsteils wurden die Probanden gebeten, den Fragebogen auszufüllen. Ein positives Votum der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München liegt vor.

3.2.4 Statistische Auswertung

Die Ergebnisse aus der Arbeit an der Reanimationspuppe und aus den Fragebögen wurden mit Hilfe von Microsoft Excel erfasst und ausgewertet. Die Kompressionstiefen wurden durch die Software für jeden Probanden gemittelt. Werte außerhalb der Referenzbereiche wurden als inkorrekt gewertet. Kategorische Variablen wurden als absolute Werte und Prozentangaben dargestellt, kontinuierliche Parameter als Mittelwert \pm Standardabweichung.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels McNemar-Test. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Aufgrund des explorativen Charakters der Untersuchung

erfolgte keine Anpassung für multiples Testen. Die Verteilung der Werte wurden als Boxplots dargestellt. Die Boxen reichen vom 25%-Quantil bis zum 75%-Quantil. Die Mediane sind als dicke Linien innerhalb der Boxen dargestellt. Außerhalb der Box reichen die Whiskers nach unten und oben (Minimum bzw. Maximum) bis zu maximal dem 1,5-fachen des Interquartilabstandes. Die Ausreißer sind als Kreise dargestellt. Die statistischen Berechnungen wurden mit SPSS (Statistical Package for Social Science, IBM®, Chicago, Illinois, Vereinigte Staaten), Version 25, durchgeführt. Es fand eine statistische Beratung durch das Institut für Biometrie und Epidemiologie der Universität München statt.

4. Ergebnisse

4.1 Demographische Daten

4.1.1 Demographische Daten des Gesamtkollektivs

Aus der Gruppe der Medizinstudenten füllten 46 Probanden den Fragebogen unvollständig aus und wurden somit nicht in die Auswertung eingeschlossen. Die Auswertung der demographischen Daten erfolgte dementsprechend nur für 82 der 128 Medizinstudenten (64,0%).

Somit gehen insgesamt 248 Probanden in die demographische Auswertung ein (Tab.4). 54,0% (n=134) der Probanden waren weiblich, 46,0% (n=114) männlich. Der größte Anteil der 248 Probanden befand sich mit 58,9% (n=146) in einem Altersbereich zwischen 18 und 30 Jahren. Alters- und Geschlechtsverteilung, klassifiziert nach Subgruppen, sind detailliert in Tabelle 4 aufgeschlüsselt.

	Gesamtkollektiv		Laien ohne Einweisung (Gruppe 1)		Laien mit Einweisung (Gruppe 2)		Medizinisches Fachpersonal (Gruppe 3)		Medizinstudenten (Gruppe 4)	
n	248		43		96		27		82	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Alter [Jahre]										
18-30	146	58,9	16	37,2	35	36,5	19	70,4	76	92,7
31-40	34	13,7	6	14,0	19	19,8	5	18,5	4	4,9
41-50	31	12,5	5	11,6	24	25,0	1	3,7	1	1,2
51-60	17	6,9	5	11,6	9	9,4	2	7,4	1	1,2
61-70	13	5,2	6	14,0	7	7,3	0	0	0	0
über 70	7	2,8	5	11,6	2	2,1	0	0	0	0
Geschlecht										
Männlich	114	46,0	15	34,9	49	51,0	11	40,7	39	47,6
Weiblich	134	54,0	28	65,1	47	49,0	16	59,3	43	52,4

Tab.4: Demographische Daten des Gesamtkollektivs und der Subgruppen; *Gruppe 1* Laien ohne Einweisung in den CFA, *Gruppe 2* Laien mit Einweisung in den CFA, *Gruppe 3* Medizinisches Fachpersonal, *Gruppe 4* Medizinstudenten (exklusive der Probanden ohne demographische Auswertung n=82); CFA (Cardio First Angel®); n (Anzahl der Probanden).

4.1.2 Demographische Daten der Subgruppen

Die Altersverteilung in den Subgruppen ist ferner in Abbildung 23 dargestellt. In allen Subgruppen überwogen verhältnismäßig die Teilnehmerinnen. Das Alter der Studenten lag erwartungsgemäß zu 92,7% in der Kategorie 18-30 Jahre. Auch beim medizinischen Fachpersonal waren 70,4% der Probanden noch keine 31 Jahre alt.

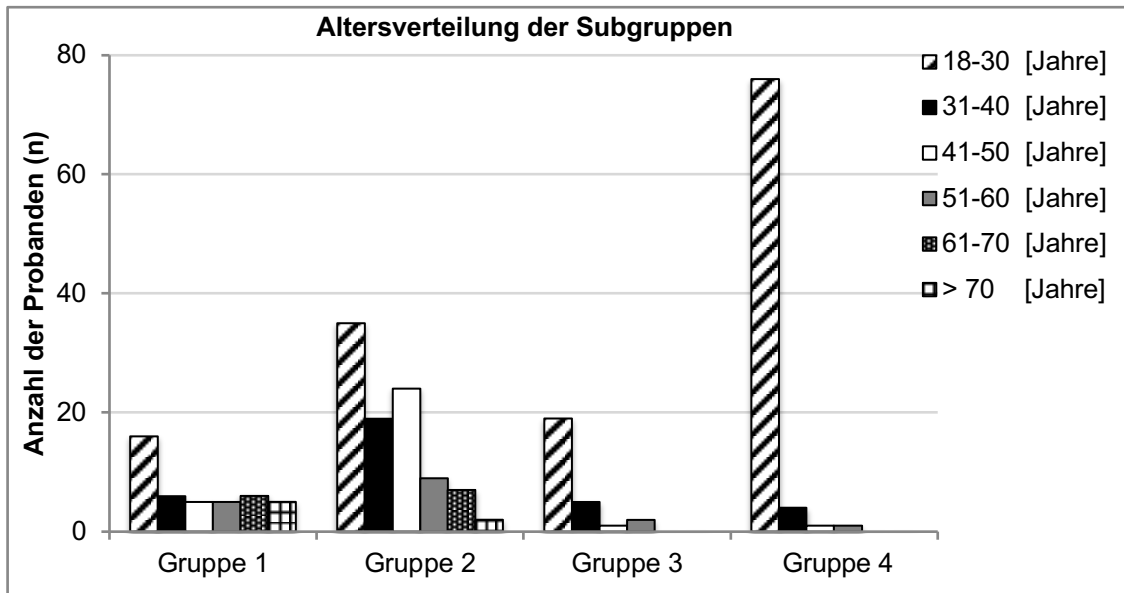


Abb.23: Altersverteilung der Subgruppen: Gruppe 1 Laien ohne Einweisung in den CFA (n=43), Gruppe 2 Laien mit Einweisung in den CFA (n=96), Gruppe 3 Medizinisches Fachpersonal (n=27), Gruppe 4 Medizinstudenten (exklusive der Probanden ohne demographische Auswertung n=82); CFA (Cardio First Angel®), n (Anzahl der Probanden).

4.2 Selbsteinschätzung der Probanden

Eine detaillierte Auswertung der Befragung aller Probanden liefert Tabelle 5.

In allen Subgruppen waren mehr als 90% der Probanden dazu bereit, eine Reanimation durchzuführen (Tab. 5). Der Hauptanteil der Probanden hatte im Vorfeld an einem Erste-Hilfe-Kurs teilgenommen. Bei den Laien betrug der Prozentsatz 87,8%.

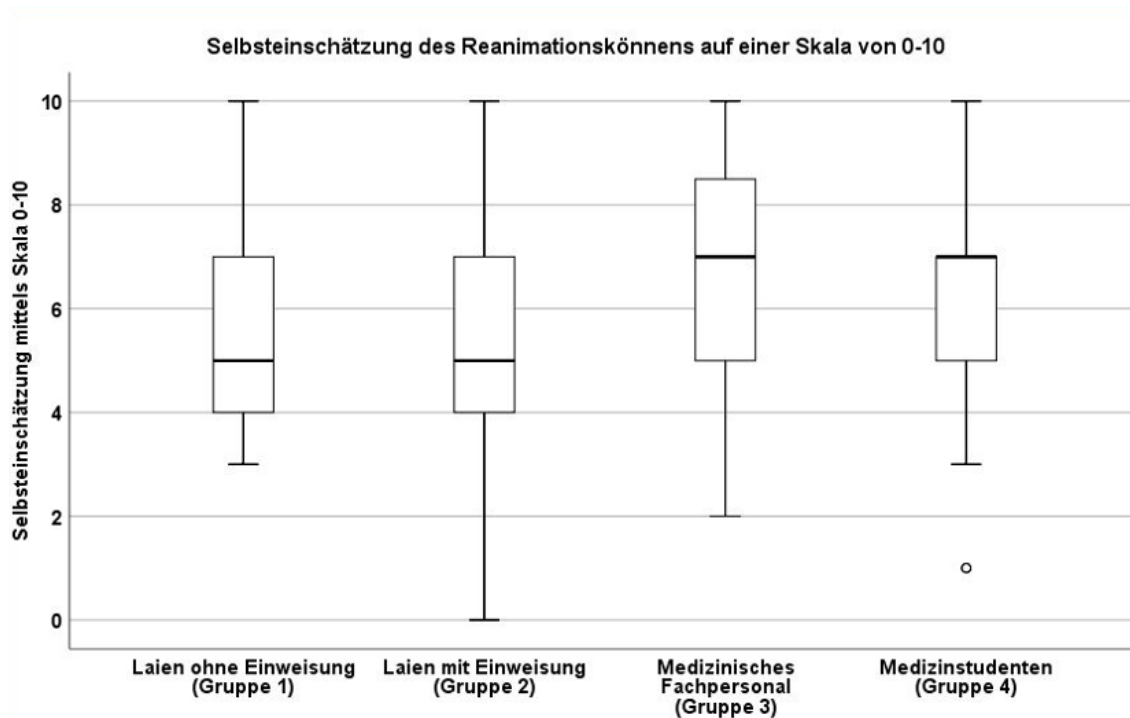


Abb.24: Boxplot der Selbsteinschätzungen des Reanimationskönnens auf einer Skala von 0-10 (0=schlecht, 10=sehr gut): Gruppe 1 Laien ohne Einweisung in den CFA, Gruppe 2 Laien mit Einweisung in den CFA, Gruppe 3 Medizinisches Fachpersonal, Gruppe 4 Medizinstudenten (exklusive der Probanden ohne demographische Auswertung n=82).

Der Großteil der Laien stufte sein Reanimationskönnen auf einem mittleren Level ein (Gruppe 1: $5,7 \pm 1,9$; Gruppe 2: $5,3 \pm 2,0$, auf einer Skala von 0-10 (0=schlecht, 10=sehr gut)). Die Medizinstudenten und das medizinische Fachpersonal schätzten ihr Können höher ein, wobei die Daten der Gruppe 3 die größte Streuung aufweisen (Abb.23). Ein relevanter Anteil aller Probanden gab an, Ängste in Bezug auf die Durchführung einer CPR zu haben (35,1%), selbst in der Gruppe des medizinischen Fachpersonals war dies bei 18,5% der Probanden der Fall.

	Gesamtkollektiv		Laien ohne Einweisung (Gruppe 1)		Laien mit Einweisung (Gruppe 2)		Medizinisches Fachpersonal (Gruppe 3)		Medizinstudenten (Gruppe 4)	
n	248		43		96		27		82	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Bereitschaft der Probanden zur Reanimation	238	96,0	40	93,0	93	96,9	26	96,3	79	96,3
Probanden, die einen Erste-Hilfe-Kurs absolviert haben	228	91,9	35	81,4	87	90,6	25	92,6	81	98,8
Angst vor einer Reanimation im Allgemeinen	87	35,1	15	34,9	37	38,5	5	18,5	30	36,6
Angst vor erfolgloser Reanimation	50	20,2	10	23,3	25	26,0	2	7,4	13	15,9
Angst vor Berührung/ Blut/ Körperflüssigkeiten	43	17,3	9	20,9	21	21,9	3	11,1	10	12,2
Angst vor Infektionen	32	12,9	6	14,0	10	10,4	2	7,4	14	17,1
Bereitschaft eine Reanimationshilfe zu verwenden	226	91,1	36	83,7	92	95,8	25	92,6	73	89,0
Bevorzugte Reanimation										
Mit CFA	165	66,5	36	83,7	70	72,9	17	63,0	42	51,2
Konventionell	83	33,5	7	16,3	26	27,1	10	37,0	40	48,8
Bereitschaft Geld für den CFA auszugeben	152	61,3	41	95,3	63	65,6	18	66,7	30	36,6

Tab.5: Ergebnisse der Befragung der Probanden: Gruppe 1 Laien ohne Einweisung in den CFA, Gruppe 2 Laien mit Einweisung in den CFA, Gruppe 3 Medizinisches Fachpersonal, Gruppe 4 Medizinstudenten (exklusive der Probanden ohne demographische Auswertung n=82); weitere Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt; CFA (Cardio First Angel®), n (Anzahl der Probanden)

4.3 Kompressionsfrequenz bei der Reanimation

Bei Betrachtung des Gesamtkollektives führten die Probanden ohne Hilfsmittel im Mittel $108,6 \pm 28,5$ Kompressionen in 60 Sekunden durch (Tab. 6). Unter Benutzung des zu untersuchenden Hilfsmittels wurden im Mittel $111,8 \pm 20,5$ Kompressionen durchgeführt. Bei Benutzung des CFA lagen demnach signifikant mehr Probanden im Zielbereich der Kompressionsfrequenz (36,4 % vs. 43,9 %, $p=0,03$).

Dieser Unterschied war bei isolierter Betrachtung der Subgruppen nicht nachweisbar. Es ist allerdings anzumerken, dass die Anteile der Probanden mit korrekten Kompressionsfrequenzen in allen Gruppen sehr niedrig waren (Laien ohne Einweisung in den CFA 20,9 % vs. 25,6 %; Laien mit Einweisung in den CFA 28,1 % vs. 39,6 %; Medizinisches Fachpersonal 22,2 % vs. 25,9 %; Medizinstudenten 50,8 % vs. 57,0 %, Tab.6). Die Medizinstudenten waren die einzige Gruppe, in der mehr als 50% der Probanden mit und ohne Hilfsmittel in der korrekten Frequenz reanimierten.

Die Ergebnisse zur Kompressionsfrequenz sind als Boxplot in Abbildung 25 dargestellt.

	Gesamtkollektiv		Laien ohne Einweisung (Gruppe 1)		Laien mit Einweisung (Gruppe 2)		Medizinisches Fachpersonal (Gruppe 3)		Medizinstudenten (Gruppe 4)	
n	294		43		96		27		128	
Reanimation	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA
Frequenz [/min], MW \pm SD	108,6 \pm 28,5	111,8 \pm 20,5	95,9 \pm 40,3	101,8 \pm 18,7	105,1 \pm 32,6	120,6 \pm 17,9	122,0 \pm 25,7	118,7 \pm 23,7	112,7 \pm 17,1	107,2 \pm 19,5
Zu schnell (>120/min), n (%)	94 (32,0)	99 (33,7)	7 (16,3)	9 (20,9)	33 (34,4)	50 (52,1)	15 (55,6)	13 (48,2)	39 (30,5)	27 (21,1)
Zu langsam (<100/min), n (%)	93 (31,6)	66 (22,4)	27 (62,8)	23 (53,5)	36 (37,5)	8 (8,3)	6 (22,2)	7 (25,9)	24 (18,8)	28 (21,9)
P- Wert (Konventionell vs. CFA)	p= 0,03		p= 0,79		p= 0,13		p= 1,00		p= 0,19	
Korrekt (100-120/min), n (%)	107 (36,4)	129 (43,9)	9 (20,9)	11 (25,6)	27 (28,1)	38 (39,6)	6 (22,2)	7 (25,9)	65 (50,8)	73 (57,0)

Tab.6: Ergebnisse zur Kompressionsfrequenz bei der Reanimation: MW \pm SD (Mittelwert \pm Standardabweichung), CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel®), n (Anzahl der Probanden)

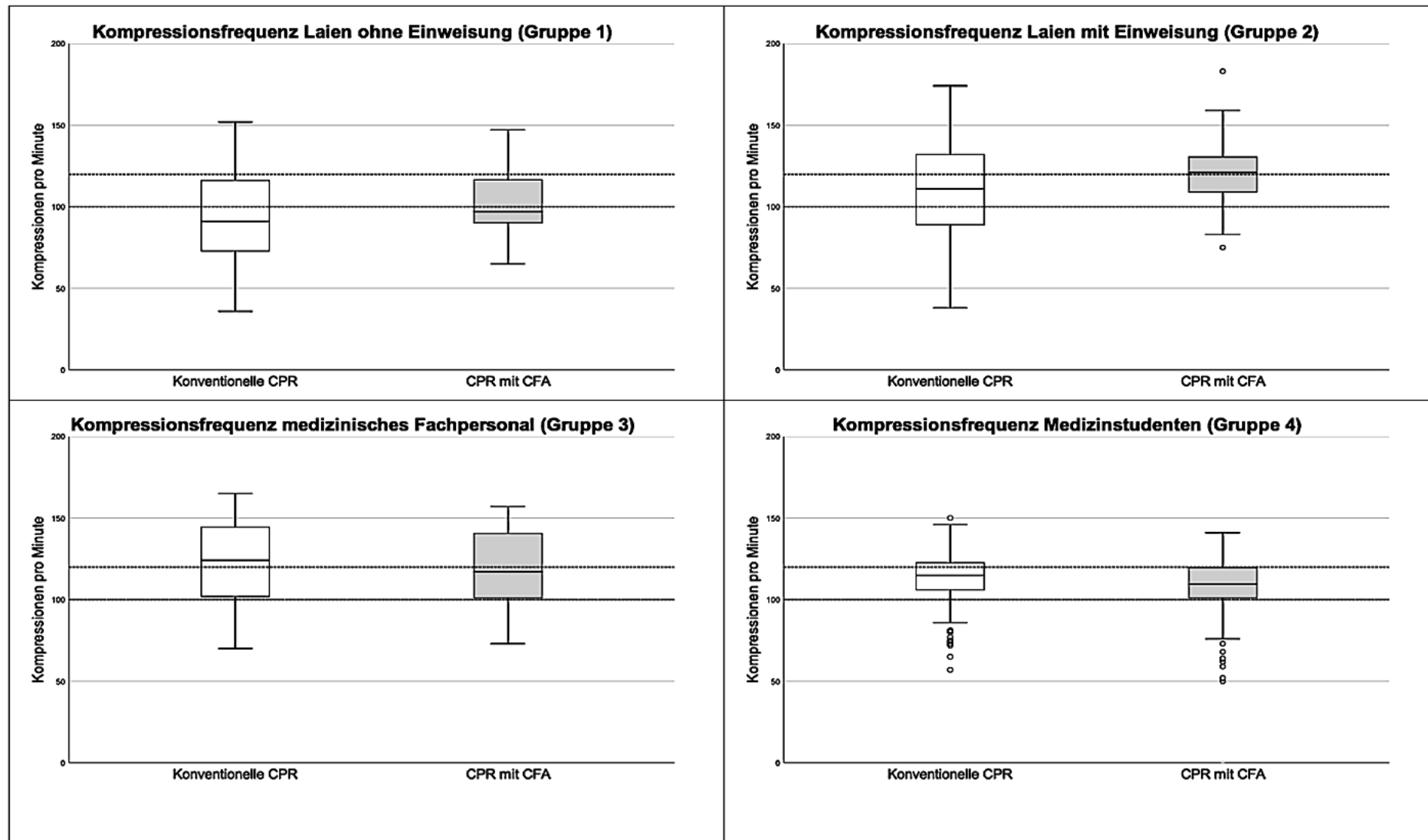


Abb.25: Boxplot der Kompressionsfrequenzen mit und ohne Hilfsmittel aller Subgruppen: *Gruppe 1* Laien ohne Einweisung in den CFA, *Gruppe 2* Laien mit Einweisung in den CFA, *Gruppe 3* Medizinisches Fachpersonal, *Gruppe 4* Medizinstudenten CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel®).

Eine Subanalyse für die Probanden mit Ängsten zeigte, dass signifikant mehr Probanden unter Benutzung des CFA im Zielbereich der Kompressionsfrequenz lagen (28,7% vs. 47,1%, $p < 0,01$). Ohne Hilfsmittel erzielten die Probanden mit Ängsten im Mittel $105,9 \pm 30,6$ Kompressionen pro Minute. Im anschließend durchgeführten Reanimationszyklus lag die Kompressionsfrequenz bei Verwendung des Hilfsmittels im Mittel bei $113,1 \pm 18,5$ Kompressionen.

Die Probanden, die den CFA favorisierten, erzielten bei der konventionellen Reanimation im Mittel $105,0 \pm 32,0$ Kompressionen pro Minute. Bei Benutzung des Hilfsmittels im anschließend durchgeführten Reanimationszyklus lag die Kompressionsfrequenz im Mittel bei $112,7 \pm 19,6$ Kompressionen pro Minute. Es zeigte sich diesbezüglich ein Trend hin zu einer Verbesserung des Anteils der Probanden mit korrekter Kompressionsfrequenz (30,9% vs. 39,4%, $p = 0,07$). Die Ergebnisse in Bezug auf die Kompressionsfrequenz werden in den Tabellen 6 und 7 zusammengefasst dargestellt.

	Probanden mit Ängsten		Probanden mit Favorisierung der CPR mit CFA	
n	87		165	
Reanimation	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA
Frequenz [/min], MW \pm SD	$105,9 \pm 30,6$	$113,1 \pm 18,5$	$105,0 \pm 32,0$	$112,7 \pm 19,6$
Zu schnell ($>120/\text{min}$), n (%)	28 (32,2)	27 (31,0)	46 (27,9)	62 (37,6)
Zu langsam ($<100/\text{min}$), n (%)	34 (39,0)	19 (21,8)	68 (41,2)	38 (23,0)
P- Wert (Konvent. vs. CFA)	$p < 0,01$		$p = 0,07$	
Korrekt (100- 120/min), n (%)	25 (28,7)	41 (47,1)	51 (30,9)	65 (39,4)

Tab.7: Ergebnisse der Kompressionsfrequenz von Probanden mit Ängsten sowie bei Favorisierung der CPR mit CFA; MW \pm SD (Mittelwert \pm Standardabweichung), CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel®), n (Anzahl der Probanden).

4.4 Kompressionstiefe bei der Reanimation

Laien ohne Einweisung in das Gerät erzielten bei der konventionellen Reanimation im Mittel eine Kompressionstiefe von $54,5 \pm 16,8$ mm (Tab.8). Die anschließend gemessene Kompressionstiefe bei der Reanimation mit dem Gerät lag im Mittel bei $57,0 \pm 9,0$ mm. Unter Benutzung des CFA waren signifikant mehr Kompressionen mit der korrekten Tiefe zu beobachten (23,3 % vs. 55,8 %, $p < 0,01$). Auch bei den Laien mit Einweisung in das Gerät lagen signifikant mehr Probanden bei Benutzung des CFA im Zielbereich (25,0% vs. 52,1%, $p < 0,01$). Die durchschnittliche Drucktiefe im Rahmen der konventionellen Reanimation lag im Mittel bei $57,4 \pm 13,2$ mm, bei Reanimationen unter Zuhilfenahme des CFA bei $53,6 \pm 7,7$ mm (Tab.8).

Die Studenten erzielten im Zuge der konventionellen Reanimation im Mittel eine Kompressionstiefe von $62,1 \pm 10,7$ mm. Diese lag während der anschließend durchgeführten Reanimation mit dem zu untersuchenden Gerät im Mittel bei $51,4 \pm 8,3$ mm. Das bedeutet eine signifikante Steigerung der korrekten Reanimationstiefe (22,7% vs. 42,2%, $p < 0,01$). Im Rahmen der Analyse der Ergebnisse, die das medizinische Fachpersonal erzielte, zeigten sich keine signifikanten Änderungen. Die Ergebnisse der Gruppen sind als Boxplot in Abbildung 26 illustriert.

	Gesamtkollektiv		Laien ohne Einweisung (Gruppe 1)		Laien mit Einweisung (Gruppe 2)		Medizinisches Fachpersonal (Gruppe 3)		Medizinstudenten (Gruppe 4)	
n	294		43		96		27		128	
Reanimation	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA
Tiefe [mm], MW±SD	59,0 ± 12,8	52,9 ± 8,3	54,5 ± 16,8	57,0 ± 9,0	57,4 ± 13,2	53,6 ± 7,7	57,3 ± 10,5	50,8 ± 7,1	62,0 ± 10,7	51,4 ± 8,3
Zu tief (>60 mm), n (%)	156 (53,0)	50 (17,0)	17 (39,5)	10 (23,3)	47 (49,0)	19 (19,8)	12 (44,4)	3 (11,1)	80 (62,5)	18 (14,0)
Zu flach (<50 mm), n (%)	67 (22,8)	104 (35,4)	16 (37,2)	9 (20,9)	25 (26,0)	27 (28,1)	7 (25,9)	12 (44,4)	19 (14,8)	56 (43,8)
P- Wert (Konventionell vs. CFA)	p< 0,01		p< 0,01		p< 0,01		p= 0,39		p< 0,01	
Korrekt (50-60 mm), n (%)	71 (24,2)	140 (47,6)	10 (23,3)	24 (55,8)	24 (25,0)	50 (52,1)	8 (29,6)	12 (44,4)	29 (22,7)	54 (42,2)

Tab. 8: Ergebnisse zur Kompressionstiefe bei der Reanimation; *MW±SD* (Mittelwert ± Standardabweichung), *n* (Anzahl der Probanden), *CPR* (Cardiopulmonary resuscitation), *CFA* (Cardio First Angel®).

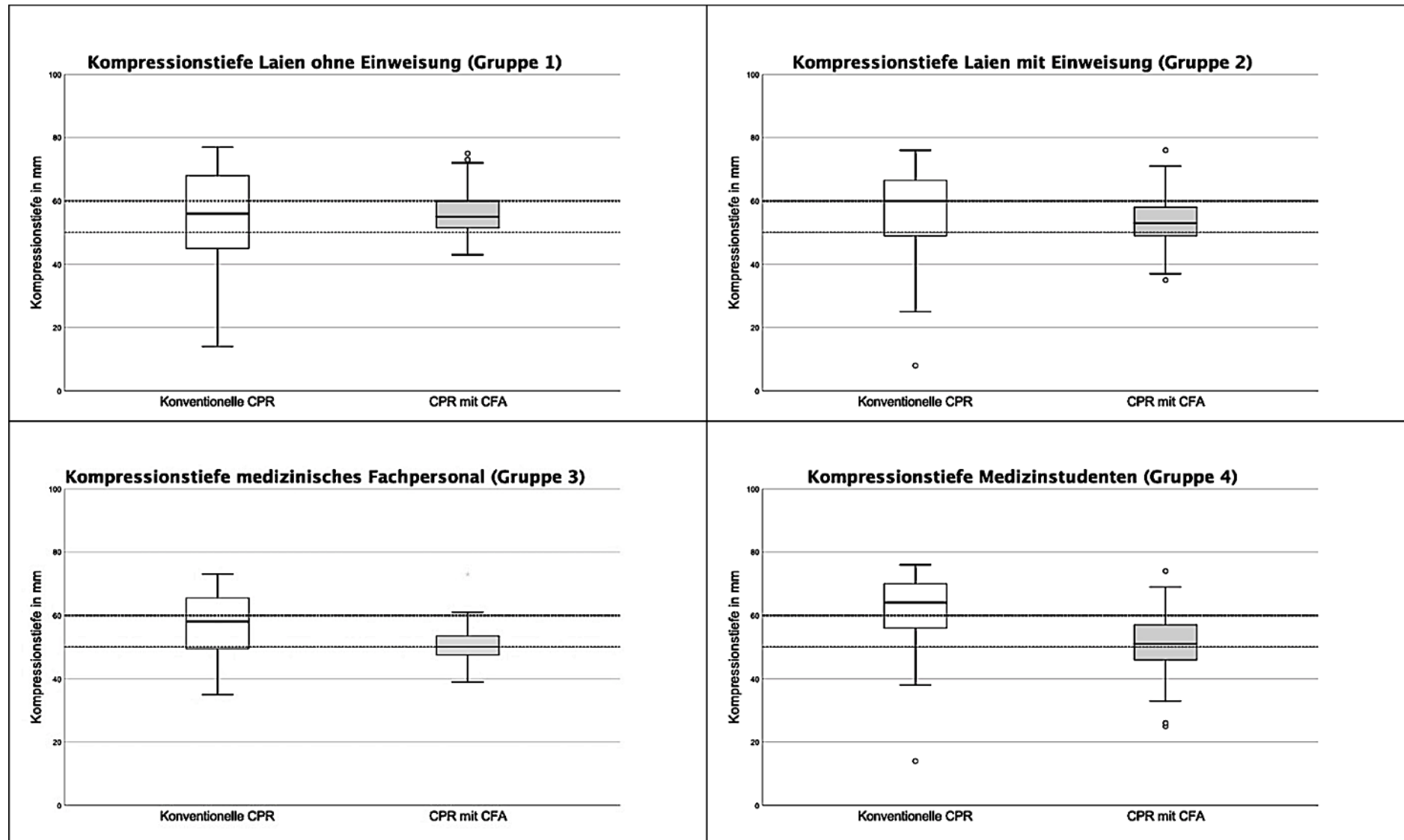


Abb.26: Boxplots der Kompressionstiefe mit und ohne Hilfsmittel aller Subgruppen. Gruppe 1 Laien ohne Einweisung in den CFA, Gruppe 2 Laien mit Einweisung in den CFA, Gruppe 3 Medizinisches Fachpersonal, Gruppe 4 Medizinstudenten CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel®).

Die Probanden mit Ängsten erzielten in der konventionellen Reanimation im Mittel eine Drucktiefe von $58,0 \pm 12,2$ mm. Die anschließend gemessene Kompressionstiefe bei der Reanimation mit dem Hilfsmittel lag im Mittel bei $53,2 \pm 7,2$ mm. Mit dem CFA führten signifikant mehr Probanden mit Ängsten eine Reanimation mit der korrekten Tiefe durch (28,7% vs. 54,0%, $p < 0,01$; Tab.9).

Die den CFA favorisierenden Probanden erzielten bei der konventionellen Reanimation im Mittel eine Drucktiefe von $58,7 \pm 13,2$ mm. Bei der Reanimation mit dem CFA lag die Tiefe im Mittel bei $54,6 \pm 7,6$ mm. Auch in dieser Gruppe wurde signifikant häufiger eine Herzdruckmassage in der korrekten Tiefe durchgeführt, wenn das Hilfsmittel verwendet wurde (22,4% vs. 55,2%, $p < 0,01$).

	Probanden mit Ängsten		Probanden mit Favorisierung der CPR mit CFA	
n	87		165	
Reanimation	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA
Tiefe [mm], MW \pm SD	$58,0 \pm 12,2$	$53,2 \pm 7,2$	$58,7 \pm 13,2$	$54,6 \pm 7,6$
Zu tief (>60 mm), n (%)	42 (48,3)	14 (16,1)	87(52,7)	33(20,0)
Zu flach (<50 mm), n (%)	20 (23,0)	26 (29,9)	41 (24,9)	41 (24,9)
P- Wert (Konvent. vs. CFA)	$p < 0,01$		$p < 0,01$	
Korrekt (50-60 mm), n (%)	25 (28,7)	47(54,0)	37 (22,4)	91 (55,1)

Tab.9: Ergebnisse der Kompressionstiefe von Probanden mit Ängsten sowie bei Favorisierung der CPR mit CFA. MW \pm SD (Mittelwert \pm Standardabweichung), CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel®), n (Anzahl der Probanden).

4.5 Druckpunkte bei der Reanimation

259 von 294 Probanden (88,1%) ermittelten im Rahmen der konventionellen Reanimation den korrekten Druckpunkt. Durch die Verwendung des Hilfsmittels erhöhte sich dieser Wert auf 100%. Bei Betrachtung der Subgruppen zeigten sich keine relevanten Unterschiede.

Von 43 Laien führten 33 (76,7%) die konventionelle Reanimation mit dem korrekten Druckpunkt durch. Auch ohne Einweisung in den CFA wurde unter Zuhilfenahme des CFA in 100 % der Fälle der richtige Druckpunkt ermittelt. Bei den Laien mit Einweisung in das Gerät fanden 79 der 96 Probanden (82,3%) bereits ohne CFA die korrekte Position, mit CFA waren es ebenfalls 100%.

Die Verteilung der einzelnen Subgruppen wird in Tabelle 10 wiedergegeben.

	Gesamtkollektiv		Laien ohne Einweisung (Gruppe 1)		Laien mit Einweisung (Gruppe 2)		Medizinisches Fachpersonal (Gruppe 3)		Medizinstudenten (Gruppe 4)	
n	294		43		96		27		128	
Reanimation	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA	Konventionell	CFA
Korrekte Position, n (%)	259 (88,1)	294 (100)	33 (76,7)	43 (100)	79 (82,3)	96 (100)	25 (92,6)	27 (100)	122 (95,3)	128 (100)
P-Wert	n.a.		n.a.		n.a.		n.a.		n.a.	

Tab.10: Ergebnisse in Bezug auf den Druckpunkt während der Reanimation. *CPR* (cardiopulmonary resuscitation), *CFA* (Cardio First Angel ® *n* (Anzahl der Probanden).

4.6 Weitere Ergebnisse aus den Fragebögen

Bei 91,1% (n=226) der Probanden bestand laut Befragung der Wunsch nach einem Hilfsmittel, das sie bei der kardiopulmonalen Reanimation unterstützen könnte. Die Bereitschaft, eine reale Reanimation mit dem CFA durchzuführen, war ebenfalls in allen Subgruppen hoch (Laien ohne Einweisung: 97,7%; Laien mit Einweisung: 86,5%; Medizinisches Fachpersonal: 97,7%; Medizinstudenten: 69,5%). Insbesondere Laien würden eine CPR mit dem CFA einer ohne ein solches vorziehen (83,7% bzw. 72,9%, Tab.5).

5 Diskussion

Jährlich erleiden 51.970 Menschen in Deutschland einen plötzlichen Herzstillstand. Dies entspricht etwa 20% aller durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen bedingten Todesfälle [78]. Der flächendeckende Einsatz einer effektiven Laienreanimation führt zu einer Reduktion der Todesfälle durch den plötzlichen Herztod [7-9, 56]. Bereits eine Dauer von 3-5 Minuten des SCA kann zu neuronaler Degeneration und somit zu zerebraler Schädigung des Patienten führen [35, 79]. Die Angst, insuffizient zu reanimieren, und damit den Tod des Erkrankten zu bedingen, führt dazu, dass die Bereitschaft zur Laienreanimation gering ist [80]. Technische Hilfsmittel könnten diese Bereitschaft verbessern und so zu einem besseren Therapieergebnis führen. Der flächendeckende Einsatz externer automatisierter Defibrillatoren führte zu einer Reduktion der Mortalität [81]. Neben der frühzeitigen Defibrillation ist jedoch die Aufrechterhaltung der Organperfusion durch externe Thoraxkompression und Beatmung bis zum Eintreffen der Rettungskräfte ein Kernelement zur Reduktion der Sterblichkeit des plötzlichen Herzstillstandes [35]. Die Anwendung diesbezüglicher Hilfsmittel könnte somit zu einer Erhöhung der Bereitschaft zur Durchführung der Reanimation führen und die Effektivität der Reanimationsmaßnahmen verbessern.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu klären, ob dies durch den Cardio First Angel® erreicht wird. Am Gesamtkollektiv der Probanden dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Reanimationshilfe im Vergleich zu einer Reanimationssituation ohne Hilfsmittel bevorzugt angewandt werden würde. Der Einsatz des CFA führte beim Laien zu einer signifikanten Verbesserung der Kompressionstiefe. Hierbei war er für den Anwender selbsterklärend. Unabhängig, ob Erfahrungen in der Reanimation vorlagen, führte das Hilfsmittel dazu, dass die Handpositionierung in allen Fällen korrekt war. Probanden, die Ängste vor einer Reanimation angaben, zeigten durch das Hilfsmittel eine signifikante Verbesserung der Reanimationstiefe und -frequenz. Außerdem kann vermutet werden, dass der CFA zu einer Reduktion der angstbedingten Verzögerung einer Reanimation führt. Der CFA war während der simulierten Reanimation für den Anwender eine Orientierungshilfe. Sowohl bei Geschulten als auch beim Laien verbesserte das akustische Feedback die Reanimationsqualität signifikant. Es ist zu vermuten, dass ein verbreiteter Einsatz des Hilfsmittels das Outcome beim OHCA und IHCA verbessert.

5.1 Alter des Studienkollektivs

Das durchschnittliche Alter der 2019 in Deutschland außerklinisch reanimierten Patienten betrug 69,5 Jahre. Der überwiegende Anteil der Reanimationen fand im häuslichen Umfeld (62,4%) statt [78]. Es ist zu vermuten, dass somit die Laienreanimation zu einem hohen Anteil von über 50-Jährigen durchgeführt wird. Nishiyama ermittelte in einem Kollektiv von 285 Laienreanimationen im Mittel ein Alter der Helfer von $51,1 \pm 16$ Jahren [82]. Park et al. berichten in ihrer Studie, dass ein höheres Alter der Helfer (62,7% >50 Jahre) die Qualität der Reanimation verschlechtern kann [83]. Die Altersverteilung der Probanden der vorliegenden Arbeit ist durch einen hohen Anteil von unter 31-Jährigen (58,9%) beeinflusst und maßgeblich durch die Wahl des Studienortes (Campus Großhadern LMU Klinikum München) bedingt. Der Anteil der über 60-jährigen lag bei nur 8%.

Es ist somit unklar, ob die innerhalb der vorliegenden Arbeit gewonnenen Erkenntnisse direkt auf das reale Umfeld übertragbar sind. Durch den selbsterklärenden Aufbau und die Handhabung der Reanimationshilfe ist jedoch davon auszugehen, dass innerhalb einer Probandengruppe von über 65-jährigen ähnliche Ergebnisse erzielt werden könnten. Die Altersverteilung der Probanden der vorliegenden Arbeit ist jedoch als grundsätzliche Limitation der Arbeit zu betrachten.

27 Probanden (10,9%) der vorliegenden Studie waren Ärzte bzw. Pflegekräfte der herzchirurgischen Universitätsklinik München. Zweiundachtzig Probanden (33,1%) waren Medizinstudenten, deren BLS- und ALS-Schulung innerhalb der letzten zwei Jahre stattgefunden hatte.

5.2 Bereitschaft zur Reanimation

Die meisten der befragten Probanden (96%) der vorliegenden Arbeit äußerten eine uneingeschränkte Bereitschaft zur Reanimation. Diese hohe Bereitschaft entspricht nicht der berichteten Inzidenz der Laienreanimation. Diese beträgt zwischen 21% und 44% [56, 64, 78, 84].

Die genauen Gründe für diese niedrige Rate bleiben indes unklar. Diskutiert wird, dass die Notfallsituation nicht erkannt wird, grundsätzliche Kenntnisse zur Reanimation fehlen oder aufgrund bestehender Ängste nicht mit der Reanimation begonnen wird. Das Reanimationshilfsmittel könnte zu einer Verbesserung der Effektivität führen, es erscheint jedoch unwahrscheinlich, dass das Device dazu beiträgt, die Notfallsituation früher zu erkennen. In den aktuellen Leitlinien fand bereits ein Wandel der Empfehlung zur Beatmung statt, damit die generelle Bereitschaft mit der Reanimation zu beginnen erhöht wird.

Ist der Ersthelfer aus Angst oder Ekel nicht in der Lage eine Beatmung durchzuführen oder ist er aufgrund seines Wissensstandes hierzu nicht in der Lage, sollen nur die

Thoraxkompressionen durchgeführt werden. Die Kombination aus Thoraxkompressionen und Atemspende wird zwar weiterhin empfohlen, jedoch zunehmend die Wichtigkeit der Thoraxkompressionen betont [34].

Es sollte in den Leitlinien weiter diskutiert werden, ob nicht der Verzicht auf die Beatmung die generelle Bereitschaft zu reanimieren noch weiter erhöhen würde. Die sogenannte Hands-only Reanimation, also der bewusste Verzicht auf die Beatmung, liefert interessante Ergebnisse zu diesem Aspekt. Bobrow et al. wiesen bei Patienten mit OHCA ein längeres Überleben bei einer Hands-only Reanimation im Vergleich zur konventionellen kardiopulmonalen Reanimation und im Vergleich zum Unterlassen einer kardiopulmonalen Reanimation auf [85]. Laien sind laut Cho et al. eher bereit eine Hands-only Reanimation bei einem Fremden durchzuführen als eine konventionelle Reanimation [86]. Bei Urban et al. waren 75% der Befragten bereit eine Hands-Only Reanimation bei einem Fremden durchzuführen [87].

5.3 Frühzeitiger Beginn einer Reanimation

Frühzeitige, effektive Reanimationsmaßnahmen beeinflussen die Überlebenschancen und die neurologische Prognose des Patienten [34, 56, 84, 88]. Im Falle eines außerklinischen Herzstillstandes muss der Laie den Zeitraum bis zum Eintreffen der Rettungskräfte überbrücken. Diese beträgt in deutschen Großstädten im Mittel 8 Minuten [55]. Ein Zusatzgerät könnte einerseits den Beginn der Reanimation verzögern, andererseits könnte eine erhöhte Rate von durchgeführten Reanimationen aufgrund einer herabgesetzten Hemmschwelle möglicherweise einen positiven Effekt haben [68]. Das Piktogramm kann jedoch eine Hilfe und Sicherheit für den Anwender geben. Rössler et al. beschrieben ähnliches in ihrer Arbeit. Eine Hilfestellung in Form einer bedruckten Karte, welche die Abläufe einer Reanimation in sieben Schritten darstellt, konnte die Zeit ohne Kompressionen signifikant verringern und die empfundene Selbstsicherheit der Probanden steigern [89]. Ein weiteres Problem bei der Reanimation ist das Umsetzen des korrekten Reanimationsablaufes in einer realen Situation. Dabei müssen Laien ihre erlernten Fähigkeiten, die sie in einem sicheren Trainingsumfeld erworben haben, in einer realen, stressigen, psychisch belastenden und potentiell chaotischen Reanimationssituation abrufen können [90, 91].

5.4 Beeinträchtigende Faktoren bei der Durchführung einer Reanimation

Die Bereitschaft, eine kardiopulmonale Reanimation bei einem Fremden durchzuführen, ist niedriger als bei Familienangehörigen [92]. Die Bereitschaft des Helfers, eine kardiopulmonale Reanimation durchzuführen, wird durch intrinsische und extrinsische Faktoren beeinflusst. Zu den intrinsischen Faktoren gehören Vorkenntnisse und Ausbildungen in der Reanimation, der Bildungsstand und das Einkommen [93-96]. Als

extrinsische Faktoren gelten das Alter und der Hygienezustand des Opfers. Die vorliegende Arbeit berücksichtigte derartige extrinsische Faktoren vor dem Hintergrund einer standardisierten Studien-Situation nicht.

Die allgemeine Bereitschaft, eine Reanimation durchzuführen, liegt zwischen 35% und 91% [97-99]. Die Reanimationsbereitschaft bei den Probanden der vorliegenden Arbeit betrug 96%. Die hier ermittelte Quote war höher als die andernorts beschrieben. Dies könnte durch den hohen Anteil medizinisch geschulter Probanden in unserer Studie bedingt sein.

§323c StGB verpflichtet jeden bei Unglücksfällen, gemeiner Gefahr oder Not Hilfe zu leisten, sofern dies ohne erhebliche Eigengefährdung möglich ist. Das Unterlassen wird mit einer Freiheitsstrafe bis zu einem Jahr oder einer Geldstrafe bestraft. Grundsätzlich ist die Belehrung über §323c StGB Bestandteil eines jeden Reanimationskurses. Bestimmte Personen (approbierte Ärzte, examinierte Pflegekräfte und Medizinstudenten) haben über die allgemeine Hilfspflicht hinaus eine besondere Verpflichtung zur Hilfeleistung. Trotz dieser Garantenstellung konnte innerhalb der Subgruppen der Medizinstudenten und des medizinischen Fachpersonals keine hundertprozentige Reanimationsbereitschaft festgestellt werden. Die Ursache bleibt unklar, ggf. kommt hier ein fehlendes Selbstvertrauen oder unzureichendes Reanimationstraining zu tragen.

Im Fragebogen der vorliegenden Studie wurden Ängste, welche die Reanimation verhindern könnten, abgefragt.

Ängste können eine frühzeitige Reanimation verzögern. Versagensängste, Angst vor Infektionen sowie vor rechtlichen Konsequenzen bei Fehlern sind Gründe für die niedrige Reanimationsbereitschaft. Die Angst, dem Patienten erst durch die Reanimation zu schaden, stellt eine weitere Hauptursache für die unterbliebene Hilfeleistung dar [4, 65, 92, 100, 101]. Eine Limitation der vorliegenden Arbeit ist, dass durch die Studiensituation diese Angst nicht geprüft werden konnte.

In der vorliegenden Arbeit äußerten 87 Probanden (35,1%) Angst vor einer Reanimation im Allgemeinen. Die Versagensangst, eine erfolglose Reanimation durchzuführen, stellt hierbei den am häufigsten beobachteten Faktor dar. Die vorliegende Arbeit konnte methodisch bedingt nicht aufzeigen, ob die Anwendung des Hilfsmittels zu einer Reduktion der Ängste und daraus resultierend zu einer größeren Reanimationsbereitschaft führt.

In der Gruppe der Probanden mit Ängsten zeigte sich jedoch eine signifikante Steigerung der korrekten Kompressionstiefe (28,73% vs. 54,02%, $p < 0,01$) und -frequenz (28,7% vs. 47,1%, $p < 0,01$). Die akustische Rückmeldung des CFA führte zu einer Steigerung der

Effektivität der Reanimation. Es ist zu vermuten, dass das Gerät gleichzeitig Ängste, eine insuffiziente Reanimation durchzuführen bzw. durch die Reanimationsmaßnahmen zu schaden, reduzieren und die generelle Reanimationsbereitschaft steigern könnte.

5.5 Effektivität der Thoraxkompression

Die empfohlene Thoraxkompressionstiefe im Rahmen einer Reanimation beträgt 5-6 cm bei einer Frequenz von 100-120 Kompressionen/Minute [30]. Die Qualität der Thoraxkompression hat Einfluss auf das Überleben und das neurologische Outcome [1, 31, 102, 103]. Bei zu langsamer Kompression kann kein suffizienter Kreislauf und daher auch keine suffiziente Organperfusion aufgebaut werden. Eine zu hohe Frequenz verringert das Herzminutenvolumen, da die diastolische Füllung verringert wird [43, 44]. Zu hohe Frequenzen gehen außerdem mit einer niedrigeren Kompressionstiefe einher [104]. Die Verkürzung des venösen Rückstroms hat möglicherweise eine schwächere Koronarperfusion zur Folge [42]. Eine zu flache Kompression verringert die Ejektionsfraktion des Herzens [1, 35, 105].

Eine falsche Handpositionierung oder eine zu tiefe und zu kräftige Kompression kann zu Verletzungen von Rippen, Sternum und inneren Organen mit konsekutiver Blutung oder Pneumothorax führen. Hierdurch steigen die Mortalität und Morbidität an [1, 31, 34, 90, 106]. Auch bei optimal durchgeführter Reanimation erreichen die effektiven Thoraxkompressionen nur 20–50% des normalen Herzminutenvolumens und somit des myokardialen und zerebralen Blutflusses [107-110]. Unter Studienbedingungen zeigt sich, dass der Anteil effektiver Thoraxkompressionen bei der konventionellen Reanimation nur zwischen 6% und 37% liegt [68, 83, 111-113].

Die Effektivität eines geschulten Laien wird besonders in der Betrachtung von Studien zu Smartphone-Programmen (APP's) sichtbar. Diese Programme sollen im Notfall geschulte Laien (First Responder) alarmieren, die die Erstversorgung des Patienten übernehmen, bis der Rettungsdienst eintrifft. Für diese Hilfsmittel zeigen sich eine verkürzte Reaktionszeit bis zur Initiierung der Reanimation und eine erhöhte Überlebensrate [114, 115].

In jüngster Zeit wurde die Bedeutung von effektiven Thoraxkompressionen zunehmend betont und Änderungen in den Leitlinien zeigen einen stärkeren Fokus auf die Thoraxkompression [34, 116].

5.6 Thoraxkompressionstiefe

Still et al. zeigten in ihrer Studie bei Patienten mit außerklinischem Herzstillstand, dass eine erhöhte kardiopulmonale Kompressionstiefe deutlich mit einem besseren Überleben assoziiert ist. Die höchste Überlebenswahrscheinlichkeit wurde bei einer Kompressionstiefe zwischen 40,3 mm und 55,3 mm verzeichnet [106].

Unter Laien erreichen nur 34,1% bis 50% eine korrekte Kompressionstiefe unter simulierten Bedingungen [73, 117, 118]. Bei medizinischem Fachpersonal liegt die Rate korrekter Kompressionstiefen unter simulierten Bedingungen zwischen 33% und 71% [119-122]. Im Mittelwert variieren die Werte zwischen $33,24 \pm 11,31$ mm und $55,6 \pm 11,2$ mm [75, 111-113, 118, 123, 124]. Somit zeigt sich, dass die korrekte Kompressionstiefe in der Realität weitgehend nicht erreicht wird. Bei der Analyse der Laiengruppen zeigte sich, dass bei der konventionellen Reanimation nur ein geringer Anteil die Reanimation mit der korrekten Kompressionstiefe und -frequenz durchführte. Selbst bei den Medizinstudenten und dem medizinischen Fachpersonal war der Prozentsatz sehr gering.

Eine Verbesserung der Tiefe durch eine Reanimationshilfe, wie in der vorliegenden Arbeit behandelt, könnte somit zu einer Effektivitätssteigerung der Laienreanimation führen. Bei Verwendung des CFA reanimierten Laien signifikant häufiger mit der korrekten Kompressionstiefe. Dieser Effekt war ebenfalls in der Gruppe der Medizinstudenten zu beobachten. Einzig das medizinische Fachpersonal wies keine signifikante Steigerung der Leistung auf. Dieser ausbleibende Effekt könnte auch mit der kleinen Stichprobe im Zusammenhang stehen. Vahedian-Azimi et al. konnten bei einem ähnlichen Studienkollektiv eine signifikante Verbesserung der Kompressionstiefe bei der Anwendung des CFA beobachten [125, 126].

Ein direkter Vergleich der Ergebnisse von Vahedian-Azimi et al. mit jenen aus der vorliegenden Untersuchung ist nicht möglich, da die Daten für unsere Studie nicht während einer realen Reanimationssituation erhoben wurden, sondern in einer stressfreien Trainingsumgebung. Vahedian-Azimi et al. verwendeten außerdem ein umfassenderes Modell für die Analyse der Reanimationsleistung. Daten zu anderen Reanimationshilfen zeigen in der Literatur eine ähnliche Verbesserung der Kompressionstiefe bei Laien und medizinischem Fachpersonal [73, 112, 113, 118, 122]. Tabelle 11 zeigt eine Übersicht zu weiteren Studien verschiedener Reanimationshilfen.

5.7 Thoraxkompressionsfrequenz

Eine Kompressionsfrequenz zwischen 100 und 120 Kompressionen pro Minute ist mit der größten Überlebensrate assoziiert [43]. Randomisierte Kontrollstudien berichten, dass eine Kompressionsfrequenz von 100 pro Minute im Vergleich zu 120 pro Minute mit dem gleichen Outcome bei einer Reanimation einhergeht [127, 128]. In simulierten Studienbedingungen liegt die Rate der korrekt durchgeführten Thoraxkompressionen bei medizinisch Geschulten zwischen 41% und 87,5% [75, 119-122].

Bei Laien werden im Mittel 53,6 bis 95,7 Kompressionen pro Minute durchgeführt [73, 111, 112], wobei die Rate der Reanimationen mit korrekter Frequenz zwischen 20% und 56% liegt [73, 117, 118]. Hier zeigt sich eine insuffiziente Umsetzung der in den Leitlinien

empfohlenen Reanimationsfrequenz. Die große Spannweite der Kompressionsfrequenz unter medizinischem Fachpersonal unterstreicht den Bedarf eines Hilfsmittels zur Verbesserung der Frequenz.

In der vorliegenden Arbeit konnte nur im Gesamtkollektiv eine signifikante Steigerung der richtigen Frequenz erreicht werden. Zum einen könnte die Erläuterung auf dem Piktogramm einen positiven Effekt auf die Frequenz gehabt haben, zum anderen könnte auch die Verbesserung der Kompressionstiefe die Frequenz positiv beeinflusst haben. Vadebounouer et al. beschreiben in ihrer Arbeit eine inverse Korrelation von zunehmender Kompressionstiefe und abnehmender Kompressionsfrequenz [129].

Auf diese Weise könnte auch der CFA durch Einhaltung der richtigen Kompressionstiefe eine Annäherung an die richtige Frequenz im Gesamtkollektiv bewirkt haben.

In den einzelnen Subgruppen wurde dies in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht nachgewiesen. Eine Limitation der vorliegenden Arbeit ist der kurze Untersuchungszeitraum der einzelnen Zyklen von einer Minute. Die Auswirkung der Erschöpfung auf die Kompressionsfrequenz sollte in weiteren Studien mit längeren Reanimationszyklen untersucht werden.

5.8 Kompressionspunkt

Im Jahr 1974 empfahl die AHA die Hand über den unteren Teil des Brustbeins 4-5 cm oberhalb der Xiphoidspitze zu legen, um mögliche Schädigungen der viszerale Organe zu vermeiden [130]. Diese Position wurde bis 2005 empfohlen. Die AHA empfahl ab diesem Zeitpunkt eine Kompression in der Mitte des Brustkorbes, „in der Mittellinie der Brustwarzen“. Das ERC empfahl zur Vereinfachung die Kompression in der Mitte des Thorax [131, 132]. In der aktuellen Leitlinie des ERC wird die Kompression über dem unteren Sternumdrittel empfohlen [35]. Verschiedene Studien versuchten einen einheitlichen Druckpunkt für eine Verbesserung der Effektivität der Reanimation zu finden. In der Literatur beschäftigen sich viele Studien mit dem optimalen Druckpunkt zur Steigerung der Effektivität der Thoraxkompression.

Qvigstad et al. zeigten zwar in ihrer Studie die Möglichkeit der Überwachung und Verbesserung einer Reanimation durch Messung des expiratorischen Kohlenstoffdioxids auf, eine optimale Position konnte Aufgrund der individuellen Beschaffenheit der Patienten nicht identifiziert werden [36]. Tierversuche zeigten, dass die Position der Hand auf dem Thorax nur eine von mehreren Komponenten der Thoraxkompression ist, die sich auf die Wirksamkeit der kardiopulmonalen Reanimation auswirkt. Die untere Hälfte des Brustbeins wird hauptsächlich deshalb als Druckpunkt empfohlen, da es die kardiopulmonale Reanimation für die Retter vereinfacht und standardisiert, nicht weil es Hinweise auf einen Zusammenhang mit dem

Herzzeitvolumen gibt [133]. Die Kenntnis der Laien bezüglich des korrekten Kompressionspunktes ist jedoch weiterhin insuffizient.

In einer Umfrage gab nur die Hälfte der befragten Laien (46%) die empfohlene Stelle für die Brustkorbkompressionen korrekt an, während mehr als 38% der Befragten die linke Seite des Brustkorbs wählten [98]. Bei Anwendung des CFA in unserer Studie wählten alle Probanden (100%) den richtigen Druckpunkt.

5.9 Reanimationshilfen

Die momentan verfügbaren Reanimationshilfen basieren auf verschiedenen Techniken. Neben einfachen Sprachanweisungen werden auch komplexe Geräte angeboten, die digital alle Parameter der Reanimation erfassen und den Helfern in Echtzeit Rückmeldung in Form von akustischen sowie visuellen Signalen geben. Der Nutzen dieser Geräte besteht in der Verbesserung der Reanimationsqualität und dem Wiedererlangen eines Spontankreislaufes, um die Überlebenschancen zu erhöhen.

Tabelle 11 liefert einen Überblick über verschiedene Reanimationshilfen und ihre Ergebnisse in verschiedenen Studien.

Autor	Studienkollektiv	Device	Ergebnisse
Sätälä et al. 2018 [134]	Medizinisches Fachpersonal 10 Patienten mit OHCA	ACD-CPR Device (Ambu CardioPump®, Ambu International Inc, Copenhagen, Denmark)	ACD-CPR Kompressionstiefe $76 \pm 1,3$ mm vs. Konventionell $71 \pm 1,0$ mm ACD-CPR Kompressionen pro Minute $100 \pm 6,7$ vs. Konventionell $105 \pm 4,9$ Bei der Durchführung unter realen Bedingungen zeigte die ACD-CPR keinen Vorteil gegenüber der konventionellen Reanimation gemessen am endexpiratorischen Kohlenstoffdioxids.
Frascone et al. 2013 [135]	Medizinisches Fachpersonal 2738 Patienten mit einem OHCA	ACD+ICD ResQPUMP®; ResQPOD® ITD 16	Die Anwendung von ACD + ITD kann bei Patienten mit OHCA die Langzeit-Überlebensraten mit Wiederherstellung der neurologischen Grundfunktion signifikant erhöhen.
Wolcke et al 2003 [136]	Medizinisches Fachpersonal 210 Patienten mit OHCA	ACD+ICD ResQValve® + CardioPump®	Im Vergleich zur konventionellen Reanimation verbesserte die ACD+ITD-CPR die kurzzeitige Überlebensrate von Patienten mit Herzstillstand außerhalb des Krankenhauses signifikant.
Buleon et al. 2013 [73]	Laien 154 Probanden Simulation an einer Reanimationspuppe	CPRmeter™ (Laerdal Medical, Stavanger, Norway)	Die Rate der effizienten Kompression bei Verwendung des CPRmeters™ ist signifikant höher im Vergleich zur konventionellen Reanimation (71% vs. 26%, $p < 0,0001$). Dies gilt ebenfalls für die Kompressionsfrequenz und -tiefe.
Smereka et al. 2019 [75]	Medizinisches Fachpersonal 94 Probanden Simulation an einer Reanimationspuppe	TrueCPR®	Die Anwendung des TrueCPR® führte bei Training in einer Reanimationsschulung zu einer Verbesserung der Kompressionstiefe und -frequenz. Des Weiteren konnte eine verbesserte Entlastung des Thorax verzeichnet werden. Es wurde ein gesteigertes Selbstvertrauen verzeichnet.
Wutzler et al. 2018 [112]	Laien 48 Probanden Simulation an einer Reanimationspuppe	True CPR®	Die Anwendung des TrueCPR® konnte die Reanimationsqualität von Laien signifikant steigern. (58,9 % vs. 14,6, $p < 0,0001$)
Truszcwski et al. 2016 [113]	Medizinisches Fachpersonal 140 Probanden Simulation an einer Reanimationspuppe	TrueCPR®, CPR-Ezy® und iCPR®	Im Vergleich zur konventionellen Reanimation, dem CPR-Ezy® und dem iCPR®, konnte der TrueCPR® eine signifikante Verbesserung der Reanimationsqualität erreichen.
Vahedian-Azimi et al 2020 [126]	Medizinisches Fachpersonal 22 Patienten mit IHCA	Cardio First Angel®	Die Verwendung des Cardio First Angel® führte zu einer Verbesserung der Leitlinien entsprechenden Reanimation unter realen Bedingungen.
Vahedian-Azimi et al 2016 [125]	Medizinisches Fachpersonal 80 Patienten mit IHCA	Cardio First Angel®	Die Verwendung des Cardio First Angel® führte zu einer Verbesserung der Leitlinien entsprechenden Reanimation; dabei wurde vermehrt das Auftreten des ROSC und weniger Rippen- und Sternumfrakturen registriert.

Tab.11: Reanimationshilfen in der Literatur

Die Handhabung und Funktionsweise könnte hierbei eine entscheidende Rolle insbesondere bei der Laienreanimation spielen. Der CFA scheint selbsterklärend zu sein, da wir bei Laien keine Unterschiede bezüglich der Reanimationsleistung in den Gruppen mit und ohne Erklärung feststellen konnten.

Eine Reihe von Geräten gleicht dem CFA in Bezug auf dessen Handhabung. Mehrere Studien berichteten über ähnlich vorteilhafte Ergebnisse bei Verwendung von verschiedenen Hilfsmitteln wie etwa dem CPR-plus[®] (Kelly Medical Products, Inc., Princeton, USA), dem CPREzy[™] (Health Affairs, London, UK) und dem Laerdal CPRmeter[™] (Laerdal, Stavanger, Norwegen) [73, 118, 124, 137, 138].

Zapletal et al. untersuchten die Effektivität von Thoraxkompressionen beim Einsatz drei verschiedener CPR-Feedbackgeräte (Zoll PocketCPR[®] (Zoll Medical, Chelmsford, USA), Laerdal CPRmeter[™] (Laerdal, Stavanger, Norwegen), der iPhone App Zoll PocketCPR[®] (Zoll Medical, Chelmsford, USA)) im Vergleich zur konventionellen Reanimation in einer prospektiv randomisierten, kontrollierten Studie. Obwohl zwischen der Reanimation unter Zuhilfenahme von Feedback-Geräten und der konventionellen Reanimation einige Unterschiede bestanden, führte der Einsatz keines der Geräte dazu, dass eine Verbesserung der Kompressionsqualität erreicht werden konnte [68].

Studien zum TrueCPR[®] (Abb.12) zeigten, wie in Tabelle 11 dargestellt, eine signifikante Verbesserung der Thoraxkompressionen bei Laien, medizinischem Fachpersonal und in der Reanimationsausbildung, dies zudem unabhängig von der Unterlage auf der Patient oder Puppe liegen [75, 112, 113, 139]. Unser Versuchsaufbau berücksichtige nicht die Beschaffenheit der Unterlage. Alle Messungen wurden auf harter Unterlage durchgeführt, um eine Verfälschung der Messungen zu vermeiden. Für die Anwendung des TrueCPR[®] muss der Ersthelfer den leblosen Körper zunächst anheben, um eine der zwei Komponenten unter den Patienten zu platzieren.

Hier besitzt der CFA einen entscheidenden Vorteil. Die einfache Handhabung durch die vorgegebene Platzierung auf dem Thorax schafft eine Distanz zwischen dem Anwender und der leblosen Person, was wiederum Ängste reduzieren und einen zügigen Beginn mit der Reanimation begünstigen könnte.

Die meisten momentan verfügbaren Geräte sind batteriebetrieben. Der CFA stellt diesbezüglich eine Ausnahme dar, da die Rückmeldung bezüglich der Kompressionstiefe mechanisch über Federn erzeugt wird. Er funktioniert daher ganz ohne externe Energiequellen. Darüber hinaus muss sich der Helfer nur auf das akustische Signal beim Erreichen der Kompressionstiefe und der vollen Entlastung konzentrieren. Auf potenziell zu kleine, sich permanent bewegende Anzeigen oder blinkende Lämpchen muss nicht geachtet werden [125].

Viele Studien beschäftigen sich mit der aktiven Kompression und Dekompression durch ein Hilfsmittel. Diese, wie sie zum Beispiel beim ResqCPR[®] angewandt (Tab.11), legt

bei Auswertung der Studienlage eine Anwendung durch medizinisches Fachpersonal nahe.

In der alleinigen Anwendung der Thoraxkompressionshilfe ohne Impedanzventil (Abb.10) ist, laut Setälä et al., die ACD-CPR der konventionellen CPR nicht überlegen. Neuere Metaanalysen konnten ebenfalls keinen signifikanten Vorteil der alleinigen ACD-CPR darstellen [140, 141]. Das Maß für die Effektivität in dieser Studie, war das gemessene expiratorische Kohlenstoffdioxid [134]. Die Kombination der ACD-CPR mit dem ITD (Abb.10), wie sie bei der ResqCPR® angewandt wird, soll einen signifikanten Effekt auf das Überleben und das neurologische Outcome haben [135, 136, 142]. Somit würde der positive Effekt nur im Rahmen einer professionellen Reanimation bei einem intubierten Patienten einen Vorteil versprechen. Die Praktikabilität in der Laienreanimation bleibt somit zu hinterfragen.

Im Rahmen der professionellen Reanimation wird aktuell der Nutzen einer automatisierten mechanischen Reanimation wie mit dem LUCAS® diskutiert. In retrospektiven Auswertungen des Deutschen Reanimationsregisters wird der Einsatz von mechanischen Reanimationsgeräten mit einem häufigeren Auftreten eines ROSC assoziiert. Der Einsatz sollte besonders bei längerer Dauer der Reanimation in Betracht gezogen werden [143]. Seewald et al. beschreiben einen vergleichbaren Effekt [143]. Anantharaman et al. konnten in ihrer Studie durch den frühzeitigen Einsatz des LUCAS® einen Überlebensvorteil im präklinischen Bereich im Vergleich zu konventionellen Reanimation nachweisen [144]. Bei in einer Studie simulierten Hubschrauberflügen unter laufender Reanimation verbesserte LUCAS-CPR die Effektivität der Thoraxkompression, war physisch weniger anstrengend und erbrachte eine verbesserte kognitive Leistung des Rettungsteams im Vergleich zur manuellen Reanimation [145]. In mehreren anderen randomisierten Studien verbessert die Anwendung mechanischer CPR-Geräte wie dem LUCAS® die Überlebensrate nicht [146, 147]. Zu betonen bleibt jedoch der klare Vorteil einer mechanischen Reanimation, wie die Möglichkeit einen Transport unter laufender Reanimation durchzuführen. Eine mechanische Reanimation spart außerdem Kraft und bindet nicht so viel Personal wie eine manuelle Reanimation. In der vorliegenden Arbeit wurde der Aspekt der Ermüdung des Helfers und die daraus resultierende potenzielle Abnahme der Qualität nicht berücksichtigt und sollte bei weiteren Studien evaluiert werden.

Für Laien ist es schwer einzuschätzen wie kraftintensiv eine Reanimation durchgeführt werden muss, um effektiv zu sein.

Der CFA könnte dem Laien im häuslichen Umfeld allein durch die Anwendung auf dem Boden ein Gefühl dafür vermitteln, wieviel Kraftaufwand nötig ist, um das akustische Signal zu erzeugen. Dieses Training könnte wiederum die Reanimationsqualität mit oder ohne Hilfsmittel verbessern, in dem es Ängste mindert, zu fest zu drücken.

In einer Autopsie-Kohorte zeigte sich, dass reanimationsbedingte Verletzungen nach einer automatisierten mechanischen Reanimation häufiger auftraten als in der konventionellen Reanimation. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich nicht zwischen den beiden Gruppen und keine iatrogene Verletzung wurde vom forensischen Pathologen als tödlich erklärt [148]. Milling et al. beschrieben, dass eine längere Dauer der Thoraxkompression mit einer zunehmenden Prävalenz von Verletzungen aller Art verbunden ist. Im prähospitalen Bereich treten bei einer automatisierten mechanischen Reanimation mehr viszerale und potenziell lebensbedrohliche Verletzungen als bei einer konventionellen Reanimation auf [149]. Vahedian-Azimiet et al. beschrieben bei der Anwendung des Cardio First Angel® weniger Rippen- und Sternumfrakturen [125]. Hierbei handelt es sich um einen Aspekt, der wiederum die Angst, Schaden durch eine Reanimation zu verursachen, reduzieren könnte.

Einen klaren Vorteil in der Laienreanimation liefert der CFA in seiner Funktionsweise. Durch den Vertrieb einer freiverkäuflichen Reanimationshilfe könnte eine Steigerung des Bewusstseins für das Thema der Reanimation zu erwarten sein. Dieser Effekt wurde in einer Umfrage in Japan am Beispiel der Anbringung von AEDs an öffentlichen Plätzen beschrieben [32].

In unserer Befragung wurde der Wunsch nach einem Hilfsmittel zur Überprüfung der Effektivität der Reanimation von 90% der Befragten geäußert. Speziell bei den Probanden, die die Verwendung des CFA gegenüber der konventionellen Reanimation favorisieren, führte dessen Einsatz sowohl zu einer signifikanten Verbesserung der Kompressionstiefe als auch zu einer effektiven Kompressionsfrequenz. Unsere Ergebnisse verdeutlichen, dass der Wunsch der Probanden nach einer Reanimationshilfe uneingeschränkt erfüllt wird. Dies ist für den Erfolg der Reanimation eine unabdingbare Voraussetzung. Die große Mehrheit der Laien (Gruppe 1: 83,7%; Gruppe 2: 72,9%) favorisierte die Reanimation mit dem CFA gegenüber der konventionellen Reanimation. Auch in diesen Gruppen zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Kompressionstiefe mit dem CFA.

5.10 Einsatz des automatisierten externen Defibrillators

Die Leitlinie empfiehlt, sofern vorhanden, den Einsatz eines externen Defibrillators im BLS [34]. Der Einsatz von AED's durch Laienhelfer vor dem Eintreffen des Rettungsdienstes bei OHCA wird mit einem besseren Outcome in Verbindung gebracht [81].

Murakamie et al. zeigten, dass durch die Verfügbarkeit von AEDs an öffentlichen Plätzen das Outcome außerklinischer Reanimationen bei Herzstillständen verbessert werden konnte [150]. Auch Weisfeldt et al. beschreiben, dass der Einsatz des AEDs die Überlebenschancen reanimierter Patienten verdoppeln kann [46].

Der AED gibt dem Reanimierenden zwar Instruktionen, kann aber über die Qualität der Reanimation in den meisten Fällen kein Feedback geben. Der CFA als rein mechanisches System könnte die Funktion des AED gut ergänzen.

5.11 Reanimationsschulungen

In der vorliegenden Arbeit hatten 91,9% aller Probanden und über 80% der Laien bereits schon einmal einen Erste-Hilfe-Kurs absolviert. Die Ergebnisse der konventionellen Reanimation müssen jedoch in allen Subgruppen als insuffizient beschrieben werden. Oft liegen die letzten Erste-Hilfe-Schulungen bereits Jahre zurück. Es hat sich gezeigt, dass Laien, deren Erste-Hilfe-Kurs länger als 10 Jahre zurückliegt, über signifikant weniger Wissen und praktische Fähigkeiten verfügen als jene, die erst kürzlich eine entsprechende Fortbildung besucht haben [151]. Die Schulung von Laien sollte bereits im Schulalter beginnen. Kurze Fortbildungsveranstaltungen zur CPR für Jugendliche können zu einer gesteigerten Fähigkeit führen, einen Herzstillstand zu erkennen und gleichzeitig die Bereitschaft erhöhen mit Kompressionen und Beatmungen zu beginnen [152].

Generell sollten Laien (auch unter Einbeziehung populärer Lieder) in der richtigen Reanimationsfrequenz geschult werden und Rückmeldung über die richtige Thoraxkompressionstiefe erhalten [153]. Die Problematik, dass Hemmschwellen und Ängste vor Fehlern und Verletzungen durch die Reanimation überwunden werden müssen, wurde in einer Studie von Breckwoldt et al. untersucht. Sie beschreiben, wie in Erste-Hilfe-Kursen das ausführliche Erläutern möglicher Komplikationen und ein fehlender Abbau der Angst vor Fehlern bei einer Reanimation dazu führten, dass ein substantieller Anteil der Teilnehmer unmittelbar nach dem Kurs angab, dass sie in einer realen Situation zwar einen Notruf absetzen würden, aber keine Reanimation durchführen wollen würden [80].

Wik et al. analysierten die Qualität von leitlinienkonformen Reanimationen durch Rettungssanitäter im außerklinischen Bereich. Sie fanden heraus, dass bei der Reanimation über einen zu langen Zeitraum hinweg keine Thoraxkompressionen durchgeführt wurden und dass die meisten Kompressionen zu flach waren. Alle Rettungssanitäter hatten vor der Studie einen Auffrischkurs in ALS absolviert [90]. Abella et al. analysierten die Qualität der Herz-Lungen-Wiederbelebung im Rahmen eines Herzstillstandes im Krankenhaus und stellten fest, dass mehrere Reanimationsparameter trotz der Durchführung durch gut ausgebildetes Krankenhauspersonal von wechselhafter Qualität waren und oft nicht den Empfehlungen entsprachen [91]. Dies ist von besonderem Interesse, da nur wenige Studien die Reanimationsleistung in realen Situationen untersucht haben. Die Arbeit zeigt weiter, dass selbst Reanimationen, die von Fachpersonal durchgeführt werden, alles andere als

ideal verlaufen. Die Ergebnisse unterstreichen die Wichtigkeit der regelmäßigen Schulung des medizinischen Fachpersonals in den Grundlagen des BLS und ALS. Lyon et al. zeigten in einer Studie, dass bei Rettungskräften das Outcome der Reanimation durch die Aufzeichnung der Reanimationsqualität und durch gezieltes Training gesteigert werden kann [154]. Die Ergebnisse der Kompressionsfrequenzen der Medizinstudenten in unserem Versuchsaufbau im Vergleich zu den anderen Gruppen betonen eindeutig die entscheidende Rolle des Reanimationstrainings. Die vorliegende Arbeit unterstreicht jedoch, dass insbesondere im Bereich der Laienreanimation eine alleinige Schulung nicht ausreicht und der Bedarf einer Reanimationshilfe gegeben ist. Insgesamt empfehlen die aktuellen Leitlinien kein Assistenzgerät, da es keine eindeutigen Beweise für deren Nutzen gibt. Aus unterschiedlichen Studien liegen diesbezüglich widersprüchliche Daten vor. Um den Nutzen der unterschiedlichen Hilfsmittel beurteilen zu können, müssen klare Parameter zur Überprüfung der Funktionalität der Geräte und der Leistungssteigerung im Zuge von deren Anwendung überprüft werden. Erstrebenswert wäre eine Standardisierung, wie sie die Leitlinien zur konventionellen Reanimation vorsehen. Insgesamt scheint ein großer Bedarf an Anleitung und Rückmeldung während der Reanimation zu bestehen, da es ansonsten keine Möglichkeit für den Helfer gibt zu beurteilen, ob die Thoraxkompressionen korrekt durchgeführt werden. Die vorliegenden Hinweise darauf, dass Zusatzgeräte positive Auswirkungen auf das Überleben bei Reanimationen haben könnten, erfordern weitere strukturierte Analysen, auf deren Grundlage schließlich Richtlinien für die Verwendung entsprechender Geräte entworfen werden können.

6 Limitationen

Einzelne Limitationen der vorliegenden Arbeit wurden bereits in den jeweiligen Abschnitten der Diskussion spezifisch diskutiert. Zu den allgemeinen Limitationen der vorliegenden Analyse gehört, dass die Dekompressionsphase sowie Pausen oder Unterbrechungen während der Thoraxkompressionen keine Beachtung fanden. Darüber hinaus war der analysierte Reanimationszyklus kurz und entsprach nicht der zu erwartenden Dauer bis zum Eintreffen der Rettungskräfte. Daher wurden auch weder die Ermüdung der Retter, noch die Unterschiede in Bezug auf die Ermüdung bei Reanimationen mit und ohne dem Hilfsgerät berücksichtigt. Ferner kann aufgrund des Designs der Studie ein potenzieller individueller Lerneffekt nicht ausgeschlossen werden. Nur einer Gruppe wurde das Gerät erklärt, was zu einer Hypervigilanz geführt haben könnte, die als Confounder in dieser Gruppe in Frage kommt. Komplexere Aspekte, wie die Beschaffenheit des Untergrundes auf dem der Patient liegt oder die unterschiedliche Compliance und Elastizität der Brustwand während der CPR wurden nicht berücksichtigt [116].

Die Studie wurde an einer standardisierten Reanimationspuppe durchgeführt. Diese Gründe könnten bedingen, dass die Ergebnisse nicht auf reale Reanimations-Szenarien übertragbar sind. Die Durchführung weiterführender Studien erscheint deshalb notwendig.

7 Zusammenfassung

Die Laienreanimation spielt eine entscheidende Rolle in der Kette des Überlebens. Die Effektivität der Laienreanimation erweist sich in zahlreichen Studien jedoch als unzureichend. Es ist daher ein naheliegender Wunsch, Laien für eine Reanimationssituation eine Hilfestellung an die Seite zu stellen, dank derer die Wiederbelebung verbessert ablaufen kann. Das Ziel besteht darin, Ängste abzubauen und die Technik der Thoraxkompression zu verbessern.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Effektivität des Reanimationshilfsmittels Cardio First Angel® hinsichtlich der Verbesserung der Thoraxkompressionen im Rahmen einer Reanimationsübung an einer Puppe zu prüfen. Die Laienreanimation stand im Fokus des Studienkollektivs.

Mittels Fragebögen erfragten wir verschiedene Ängste und die Akzeptanz einer Reanimationshilfe. Es zeigte sich zum einen das Vorhandensein von Hemmungen und Ängsten, zum anderen der starke Wunsch nach einer Reanimationshilfe bei den Laien und dem medizinischen Fachpersonal.

Durch die vorliegende Studie konnte gezeigt werden, dass sich die Reanimationsleistung in Bezug auf die manuelle Kompressionstiefe bei medizinischen Laien, den Probanden mit Ängsten und den Probanden, die die Arbeit mit dem Gerät favorisieren, bei Verwendung des Cardio First Angels® signifikant verbesserte.

Außerdem kam es bei Verwendung des Geräts zu keiner falschen Positionierung der Hände. Es sind jedoch zusätzliche und vor allem Studien in realen Situationen erforderlich, um die Relevanz und den potenziellen Nutzen von Hilfsmitteln abschließend beurteilen zu können.

Es kann geschlussfolgert werden, dass der Bedarf einer Reanimationshilfe im Allgemeinen besteht. Besonders die Gruppe der Laien profitiert von ihrer Anwendung. Die aktuellen Leitlinien empfehlen bislang zwar keine Assistenzgeräte, jedoch sollte sich in Zukunft der klare Nutzen dieser Hilfsmittel in weiteren Studien zeigen lassen, sodass die Überlebensrate bei guter kognitiver Gesundheit hoffentlich noch weiter gesteigert werden kann.

8 Literaturverzeichnis

1. Guenther, S.P.W., et al., *Effects of the Cardio First Angel™ on chest compression performance*. Technology and health care, 2018. **26**(1): p. 69-80.
2. Benjamin, E.J., et al., *Heart Disease and Stroke Statistics-2017 Update: A Report From the American Heart Association*. Circulation, 2017. **135**(10): p. e146-e603.
3. Shen, W.K., et al., *2017 ACC/AHA/HRS Guideline for the Evaluation and Management of Patients With Syncope: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society*. Circulation, 2017. **136**(5): p. e60-e122.
4. Al-Khatib, S.M., et al., *2016 AHA/ACC Clinical Performance and Quality Measures for Prevention of Sudden Cardiac Death: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Performance Measures*. Journal of the American College of Cardiology, 2017. **69**(6): p. 712-744.
5. Jacobs, I., et al., *Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update and simplification of the Utstein templates for resuscitation registries. A statement for healthcare professionals from a task force of the international liaison committee on resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian Resuscitation Council, New Zealand Resuscitation Council, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa)*. Resuscitation, 2004. **63**(3): p. 233-49.
6. Dennis, M., et al., *Cost effectiveness and quality of life analysis of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) for refractory cardiac arrest*. Resuscitation, 2019. **139**: p. 49-56.
7. Grasner, J.T. and S. Masterson, *EuReCa and international resuscitation registries*. Current opinion in critical care, 2015. **21**(3): p. 215-9.
8. Berdowski, J., et al., *Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies*. Resuscitation, 2010. **81**(11): p. 1479-87.
9. Grasner, J.T. and L. Bossaert, *Epidemiology and management of cardiac arrest: what registries are revealing*. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 2013. **27**(3): p. 293-306.
10. Grasner, J.T., et al., *EuReCa ONE - ONE month - ONE Europe - ONE goal*. Resuscitation, 2014. **85**(10): p. 1307-8.
11. Grasner, J.T., et al., *Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe - Results of the EuReCa TWO study*. Resuscitation, 2020. **148**: p. 218-226.
12. Grasner, J.T., et al., *[German resuscitation registry : science and resuscitation research]*. Anaesthesist, 2014. **63**(6): p. 470-6.
13. Hayashi, M., W. Shimizu, and C.M. Albert, *The spectrum of epidemiology underlying sudden cardiac death*. Circulation research, 2015. **116**(12): p. 1887-906.
14. Fishman, G.I., et al., *Sudden cardiac death prediction and prevention: report from a National Heart, Lung, and Blood Institute and Heart Rhythm Society Workshop*. Circulation, 2010. **122**(22): p. 2335-48.
15. Zipes, D.P. and H.J. Wellens, *Sudden cardiac death*. Circulation, 1998. **98**(21): p. 2334-51.

16. Hajar, R., *Risk Factors for Coronary Artery Disease: Historical Perspectives*. Heart Views, 2017. **18**(3): p. 109-114.
17. La Rovere, M.T., et al., *Baroreflex sensitivity and heart rate variability in the identification of patients at risk for life-threatening arrhythmias: implications for clinical trials*. Circulation, 2001. **103**(16): p. 2072-7.
18. Risgaard, B., et al., *Risk factors and causes of sudden noncardiac death: A nationwide cohort study in Denmark*. Heart Rhythm, 2015. **12**(5): p. 968-74.
19. DeBard, M.L., *The history of cardiopulmonary resuscitation*. Ann Emerg Med, 1980. **9**(5): p. 273-5.
20. Liss, H.P., *A history of resuscitation*. Ann Emerg Med, 1986. **15**(1): p. 65-72.
21. Silvester, H., *A new method of resuscitating still-born children and of restoring people apparently drowned or dead*. BMJ, 1858. **2**: p. 576-579.
22. Vallejo-Manzur, F., et al., *Moritz Schiff and the history of open-chest cardiac massage*. Resuscitation, 2002. **53**(1): p. 3-5.
23. Bolling, S.F., *The introduction of closed chest cardiac massage*. Ann Thorac Surg, 1990. **49**(1): p. 154-6.
24. Hermreck, A.S., *The history of cardiopulmonary resuscitation*. Am J Surg, 1988. **156**(6): p. 430-6.
25. Paradis, N.A., G.B. Martin, and E.P. Rivers, *Use of open chest cardiopulmonary resuscitation after failure of standard closed chest CPR: illustrative cases*. Resuscitation, 1992. **24**(1): p. 61-71.
26. Safar, P., L.A. Escarraga, and J.O. Elam, *A comparison of the mouth-to-mouth and mouth-to-airway methods of artificial respiration with the chest-pressure arm-lift methods*. The New England Journal of Medicine 1958. **258**(14): p. 671-7.
27. Acosta, P., et al., *Resuscitation great. Kouwenhoven, Jude and Knickerbocker: The introduction of defibrillation and external chest compressions into modern resuscitation*. Resuscitation, 2005. **64**(2): p. 139-43.
28. Cooper, J.A., J.D. Cooper, and J.M. Cooper, *Cardiopulmonary resuscitation: history, current practice, and future direction*. Circulation, 2006. **114**(25): p. 2839-49.
29. Cipani, S., et al., *Blood flow maintenance by cardiac massage during cardiopulmonary resuscitation: Classical theories, newer hypotheses, and clinical utility of mechanical devices*. J Intensive Care Soc, 2019. **20**(1): p. 2-10.
30. Monsieurs, K.G., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary*. Resuscitation, 2015. **95**: p. 1-80.
31. Fischer, H., et al., *A manually powered mechanical resuscitation device used by a single rescuer: a randomised controlled manikin study*. Resuscitation, 2011. **82**(7): p. 913-9.
32. Kuramoto, N., et al., *Public perception of and willingness to perform bystander CPR in Japan*. Resuscitation, 2008. **79**(3): p. 475-81.
33. Nolan, J., J. Soar, and H. Eikeland, *The chain of survival*. Resuscitation, 2006. **71**(3): p. 270-1.
34. Perkins, G.D., et al., *Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener und Verwendung automatisierter externer Defibrillatoren*. Notfall + Rettungsmedizin, 2015. **18**(8): p. 748-769.
35. Perkins, G.D., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation*. Resuscitation, 2015. **95**: p. 81-99.

36. Qvigstad, E., et al., *Clinical pilot study of different hand positions during manual chest compressions monitored with capnography*. Resuscitation, 2013. **84**(9): p. 1203-7.
37. Orłowski, J.P., *Optimum position for external cardiac compression in infants and young children*. Annals of emergency medicine, 1986. **15**(6): p. 667-73.
38. Cha, K.C., et al., *Hemodynamic effect of external chest compressions at the lower end of the sternum in cardiac arrest patients*. The Journal of emergency medicine, 2013. **44**(3): p. 691-7.
39. Niles, D.E., et al., *Prevalence and hemodynamic effects of leaning during CPR*. Resuscitation, 2011. **82 Suppl 2**: p. S23-6.
40. Zuercher, M., et al., *Leaning during chest compressions impairs cardiac output and left ventricular myocardial blood flow in piglet cardiac arrest*. Critical care medicine, 2010. **38**(4): p. 1141-6.
41. Aufderheide, T.P., et al., *Incomplete chest wall decompression: a clinical evaluation of CPR performance by EMS personnel and assessment of alternative manual chest compression-decompression techniques*. Resuscitation, 2005. **64**(3): p. 353-62.
42. Yannopoulos, D., et al., *Effects of incomplete chest wall decompression during cardiopulmonary resuscitation on coronary and cerebral perfusion pressures in a porcine model of cardiac arrest*. Resuscitation, 2005. **64**(3): p. 363-72.
43. Idris, A.H., et al., *Chest compression rates and survival following out-of-hospital cardiac arrest*. Critical care medicine, 2015. **43**(4): p. 840-8.
44. Idris, A.H., et al., *Relationship between chest compression rates and outcomes from cardiac arrest*. Circulation, 2012. **125**(24): p. 3004-12.
45. Blom, M.T., et al., *Improved survival after out-of-hospital cardiac arrest and use of automated external defibrillators*. Circulation, 2014. **130**(21): p. 1868-75.
46. Weisfeldt, M.L., et al., *Survival after application of automatic external defibrillators before arrival of the emergency medical system: evaluation in the resuscitation outcomes consortium population of 21 million*. Journal of the American College of Cardiology, 2010. **55**(16): p. 1713-20.
47. Soar, J., et al., *Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („adult advanced life support“)*. Notfall + Rettungsmedizin, 2015. **18**(8): p. 770-832.
48. Caldwell, G., et al., *Simple mechanical methods for cardioversion: defence of the precordial thump and cough version*. Br Med J (Clin Res Ed), 1985. **291**(6496): p. 627-30.
49. Maconochie, I.K., et al., *Lebensrettende Maßnahmen bei Kindern („paediatric life support“)*. Notfall + Rettungsmedizin, 2015. **18**(8): p. 932-963.
50. Maconochie, I.K., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 6. Paediatric life support*. Resuscitation, 2015. **95**: p. 223-48.
51. Tibballs, J. and P. Russell, *Reliability of pulse palpation by healthcare personnel to diagnose paediatric cardiac arrest*. Resuscitation, 2009. **80**(1): p. 61-64.
52. Tibballs, J. and C. Weeraratna, *The influence of time on the accuracy of healthcare personnel to diagnose paediatric cardiac arrest by pulse palpation*. Resuscitation, 2010. **81**(6): p. 671-675.
53. Grasner, J.T., et al., *Quality management in resuscitation--towards a European cardiac arrest registry (EuReCa)*. Resuscitation, 2011. **82**(8): p. 989-94.
54. Perkins, G.D., et al., *Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update of the Utstein Resuscitation Registry Templates for Out-of-Hospital Cardiac Arrest: a statement for healthcare professionals from a task force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart*

- Association, European Resuscitation Council, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, Resuscitation Council of Asia); and the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee and the Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation. *Circulation*, 2015. **132**(13): p. 1286-300.
55. Neukamm, J., et al., *The impact of response time reliability on CPR incidence and resuscitation success: a benchmark study from the German Resuscitation Registry*. *Critical Care*, 2011. **15**(6): p. R282.
 56. Wissenberg, M., et al., *Association of national initiatives to improve cardiac arrest management with rates of bystander intervention and patient survival after out-of-hospital cardiac arrest*. *Journal of the American Medical Association*, 2013. **310**(13): p. 1377-84.
 57. Dankiewicz, J., et al., *Time to start of cardiopulmonary resuscitation and the effect of target temperature management at 33°C and 36°C*. *Resuscitation*, 2016. **99**: p. 44-9.
 58. Ringh, M., et al., *Mobile-phone dispatch of laypersons for CPR in out-of-hospital cardiac arrest*. *N Engl J Med*, 2015. **372**(24): p. 2316-25.
 59. Nishi, T., et al., *Improper bystander-performed basic life support in cardiac arrests managed with public automated external defibrillators*. *The American journal of emergency medicine*, 2015. **33**(1): p. 43-9.
 60. Committee on the Treatment of Cardiac Arrest: Current, S., et al., *The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health, in Strategies to Improve Cardiac Arrest Survival: A Time to Act*, R. Graham, M.A. McCoy, and A.M. Schultz, Editors. 2015, National Academies Press (US) Copyright 2015 by the National Academy of Sciences. All rights reserved.: Washington (DC).
 61. Lee, M.J., et al., *Influence of nationwide policy on citizens' awareness and willingness to perform bystander cardiopulmonary resuscitation*. *Resuscitation*, 2013. **84**(7): p. 889-94.
 62. Chen, K.Y., et al., *Interventions to improve the quality of bystander cardiopulmonary resuscitation: A systematic review*. *PLoS One*, 2019. **14**(2): p. e0211792.
 63. Groß, R., B.W. Böttiger, and H.M. Thaiss, *Laienreanimation in Deutschland: Das Nationale Aktionsbündnis Wiederbelebung (NAWIB)*. *Notfall + Rettungsmedizin*, 2019. **22**(8): p. 715-722.
 64. Böttiger, B.W., et al., *"All citizens of the world can save a life" - The World Restart a Heart (WRAH) initiative starts in 2018*. *Resuscitation*, 2018. **128**: p. 188-190.
 65. Becker, T.K., et al., *Public perception towards bystander cardiopulmonary resuscitation*. *Emerg Med J*, 2019. **36**(11): p. 660-665.
 66. Bray, J.E., et al., *Public cardiopulmonary resuscitation training rates and awareness of hands-only cardiopulmonary resuscitation: a cross-sectional survey of Victorians*. *Emerg Med Australas*, 2017. **29**(2): p. 158-164.
 67. Pei-Chuan Huang, E., et al., *Public knowledge, attitudes and willingness regarding bystander cardiopulmonary resuscitation: A nationwide survey in Taiwan*. *J Formos Med Assoc*, 2019. **118**(2): p. 572-581.
 68. Zapletal, B., et al., *Comparing three CPR feedback devices and standard BLS in a single rescuer scenario: a randomised simulation study*. *Resuscitation*, 2014. **85**(4): p. 560-6.

69. Lukas, R.P., et al., *[Real-time feedback systems for improvement of resuscitation quality]*. *Anaesthesist*, 2011. **60**(7): p. 653-60.
70. Kalz, M., et al., *Smartphone apps for cardiopulmonary resuscitation training and real incident support: a mixed-methods evaluation study*. *Journal of Medical Internet Research*, 2014. **16**(3): p. e89.
71. Aufderheide, T.P., et al., *Standard cardiopulmonary resuscitation versus active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation with augmentation of negative intrathoracic pressure for out-of-hospital cardiac arrest: a randomised trial*. *Lancet*, 2011. **377**(9762): p. 301-11.
72. Medical, L. *CPRmeter™*. 2020, November 22; Available from: <https://laerdal.com/de/cprmeter>.
73. Buleon, C., et al., *Improvement in chest compression quality using a feedback device (CPRmeter): a simulation randomized crossover study*. *Am J Emerg Med*, 2013. **31**(10): p. 1457-61.
74. Stryker. *TrueCPR*. 2020, November 22; Available from: <https://www.stryker.com/us/en/emergency-care/products/truecpr.html>.
75. Smereka, J., et al., *The TrueCPR device in the process of teaching cardiopulmonary resuscitation: A randomized simulation trial*. *Medicine (Baltimore)*, 2019. **98**(27): p. e15995.
76. AB, J. *LUCAS*. 2020, November 22; Available from: <https://www.lucas-cpr.com/resources/#images>.
77. Tranberg, T., et al., *Quality of cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest before and after introduction of a mechanical chest compression device, LUCAS-2; a prospective, observational study*. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2015. **23**: p. 37.
78. Fischer, M., Wnent, J., Gräsner, J.-T., Seewald, S., Brenner, S., Jantzen, T., Bein, B., Bohn, A., Ristau, P., & die teilnehmenden Rettungsdienste am Deutschen Reanimationsregister. *Öffentlicher Jahresbericht 2019 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2019*. 2020; Available from: www.reanimationsregister.de/berichte.html.
79. Wnent, J., et al., *[Bystander resuscitation: the impact of first aid on survival]*. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2013. **48**(9): p. 562-5.
80. Breckwoldt, J., C. Lingemann, and P. Wagner, *[Resuscitation training for lay persons in first aid courses: Transfer of knowledge, skills and attitude]*. *Anaesthesist*, 2016. **65**(1): p. 22-29.
81. Pollack, R.A., et al., *Impact of Bystander Automated External Defibrillator Use on Survival and Functional Outcomes in Shockable Observed Public Cardiac Arrests*. *Circulation*, 2018. **137**(20): p. 2104-2113.
82. Nishiyama, C., et al., *Community-Wide Dissemination of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation and Automated External Defibrillator Use Using a 45-Minute Chest Compression-Only Cardiopulmonary Resuscitation Training*. *J Am Heart Assoc*, 2019. **8**(1): p. e009436.
83. Park, H.J., et al., *Factors Associated with High-Quality Cardiopulmonary Resuscitation Performed by Bystander*. *Emerg Med Int*, 2020. **2020**: p. 8356201.
84. Holmberg, M., S. Holmberg, and J. Herlitz, *Factors modifying the effect of bystander cardiopulmonary resuscitation on survival in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden*. *Eur Heart J*, 2001. **22**(6): p. 511-9.
85. Bobrow, B.J., et al., *Chest compression-only CPR by lay rescuers and survival from out-of-hospital cardiac arrest*. *Jama*, 2010. **304**(13): p. 1447-54.

86. Cho, G.C., et al., *The effect of basic life support education on laypersons' willingness in performing bystander hands only cardiopulmonary resuscitation*. Resuscitation, 2010. **81**(6): p. 691-4.
87. Urban, J., et al., *Current knowledge of and willingness to perform Hands-Only CPR in laypersons*. Resuscitation, 2013. **84**(11): p. 1574-8.
88. Hasselqvist-Ax, I., et al., *Early cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest*. N Engl J Med, 2015. **372**(24): p. 2307-15.
89. Rössler, B., et al., *Can a flowchart improve the quality of bystander cardiopulmonary resuscitation?* Resuscitation, 2013. **84**(7): p. 982-6.
90. Wik, L., et al., *Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest*. Jama, 2005. **293**(3): p. 299-304.
91. Abella, B.S., et al., *Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest*. JAMA, 2005. **293**(3): p. 305-310.
92. Coons, S.J. and M.C. Guy, *Performing bystander CPR for sudden cardiac arrest: behavioral intentions among the general adult population in Arizona*. Resuscitation, 2009. **80**(3): p. 334-40.
93. Chiang, W.C., et al., *Bystander-initiated CPR in an Asian metropolitan: does the socioeconomic status matter?* Resuscitation, 2014. **85**(1): p. 53-8.
94. Brown, T.P., et al., *Characteristics of neighbourhoods with high incidence of out-of-hospital cardiac arrest and low bystander cardiopulmonary resuscitation rates in England*. Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes, 2019. **5**(1): p. 51-62.
95. Sasson, C., et al., *Examining the contextual effects of neighborhood on out-of-hospital cardiac arrest and the provision of bystander cardiopulmonary resuscitation*. Resuscitation, 2011. **82**(6): p. 674-9.
96. Anto-Ocrah, M., et al., *Public knowledge and attitudes towards bystander cardiopulmonary resuscitation (CPR) in Ghana, West Africa*. Int J Emerg Med, 2020. **13**(1): p. 29.
97. Moon, S., et al., *A 5-year change of knowledge and willingness by sampled respondents to perform bystander cardiopulmonary resuscitation in a metropolitan city*. PLoS One, 2019. **14**(2): p. e0211804.
98. Birkun, A. and Y. Kosova, *Social attitude and willingness to attend cardiopulmonary resuscitation training and perform resuscitation in the Crimea*. World J Emerg Med, 2018. **9**(4): p. 237-248.
99. Son, J.W., et al., *Association between public cardiopulmonary resuscitation education and the willingness to perform bystander cardiopulmonary resuscitation: a metropolitan citywide survey*. Clin Exp Emerg Med, 2017. **4**(2): p. 80-87.
100. Savastano, S. and V. Vanni, *Cardiopulmonary resuscitation in real life: the most frequent fears of lay rescuers*. Resuscitation, 2011. **82**(5): p. 568-71.
101. Dobbie, F., et al., *Attitudes towards bystander cardiopulmonary resuscitation: Results from a cross-sectional general population survey*. PLoS One, 2018. **13**(3): p. e0193391.
102. Kovic, I., D. Lulic, and I. Lulic, *CPR PRO(R) device reduces rescuer fatigue during continuous chest compression cardiopulmonary resuscitation: a randomized crossover trial using a manikin model*. The Journal of emergency medicine, 2013. **45**(4): p. 570-7.
103. Hightower, D., et al., *Decay in quality of closed-chest compressions over time*. Annals of emergency medicine, 1995. **26**(3): p. 300-3.
104. Monsieurs, K.G., et al., *Excessive chest compression rate is associated with insufficient compression depth in prehospital cardiac arrest*. Resuscitation, 2012. **83**(11): p. 1319-1323.

105. Hostler, D., et al., *Effect of real-time feedback during cardiopulmonary resuscitation outside hospital: prospective, cluster-randomised trial*. Bmj, 2011. **342**: p. d512.
106. Stiell, I.G., et al., *What is the optimal chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation of adult patients?* Circulation, 2014. **130**(22): p. 1962-70.
107. Fischer, M., et al., *[Mechanical resuscitation assist devices]*. Anaesthesist, 2014. **63**(3): p. 186-97.
108. Pernat, A., et al., *Stroke volumes and end-tidal carbon dioxide generated by precordial compression during ventricular fibrillation*. Crit Care Med, 2003. **31**(6): p. 1819-23.
109. Bartlett, R.L., et al., *Comparative study of three methods of resuscitation: closed-chest, open-chest manual, and direct mechanical ventricular assistance*. Ann Emerg Med, 1984. **13**(9 Pt 2): p. 773-7.
110. Fischer, M., et al., *Effects of hypertonic saline on myocardial blood flow in a porcine model of prolonged cardiac arrest*. Resuscitation, 2002. **54**(3): p. 269-80.
111. Ko, R.J.M., et al., *Easy-to-learn cardiopulmonary resuscitation training programme: a randomised controlled trial on laypeople's resuscitation performance*. Singapore Med J, 2018. **59**(4): p. 217-223.
112. Wutzler, A., et al., *Improvement of lay rescuer chest compressions with a novel audiovisual feedback device : A randomized trial*. Med Klin Intensivmed Notfmed, 2018. **113**(2): p. 124-130.
113. Truszcwski, Z., et al., *Randomized trial of the chest compressions effectiveness comparing 3 feedback CPR devices and standard basic life support by nurses*. Am J Emerg Med, 2016. **34**(3): p. 381-5.
114. Caputo, M.L., et al., *Lay persons alerted by mobile application system initiate earlier cardio-pulmonary resuscitation: A comparison with SMS-based system notification*. Resuscitation, 2017. **114**: p. 73-78.
115. Stroop, R., et al., *Mobile phone-based alerting of CPR-trained volunteers simultaneously with the ambulance can reduce the resuscitation-free interval and improve outcome after out-of-hospital cardiac arrest: A German, population-based cohort study*. Resuscitation, 2020. **147**: p. 57-64.
116. Donnelly, P., D. Assar, and C. Lester, *A comparison of manikin CPR performance by lay persons trained in three variations of basic life support guidelines*. Resuscitation, 2000. **45**(3): p. 195-9.
117. Abellsson, A. and A. Nygårdh, *To enhance the quality of CPR performed by youth layman*. Int J Emerg Med, 2019. **12**(1): p. 30.
118. Beckers, S.K., et al., *CPREzy improves performance of external chest compressions in simulated cardiac arrest*. Resuscitation, 2007. **72**(1): p. 100-7.
119. Urushibata, N., et al., *Evaluation of manual chest compressions according to the updated cardiopulmonary resuscitation guidelines and the impact of feedback devices in an educational resuscitation course*. BMC Emerg Med, 2020. **20**(1): p. 49.
120. Wu, C., et al., *Effect of a feedback system on the quality of 2-minute chest compression-only cardiopulmonary resuscitation: a randomised crossover simulation study*. J Int Med Res, 2019: p. 300060519894440.
121. Wattenbarger, S., et al., *Real-Time Cardiopulmonary Resuscitation Feedback and Targeted Training Improve Chest Compression Performance in a Cohort of International Healthcare Providers*. J Emerg Med, 2019.

122. Buléon, C., et al., *Impact of a feedback device on chest compression quality during extended manikin CPR: a randomized crossover study*. Am J Emerg Med, 2016. **34**(9): p. 1754-60.
123. Tanaka, S., et al., *Effect of real-time visual feedback device 'Quality Cardiopulmonary Resuscitation (Q CPR) Classroom' with a metronome sound on layperson CPR training in Japan: a cluster randomized control trial*. BMJ Open, 2019. **9**(6): p. e026140.
124. Noordergraaf, G.J., et al., *The quality of chest compressions by trained personnel: the effect of feedback, via the CPREzy, in a randomized controlled trial using a manikin model*. Resuscitation, 2006. **69**(2): p. 241-52.
125. Vahedian-Azimi, A., et al., *Effect of the Cardio First Angel device on CPR indices: a randomized controlled clinical trial*. Crit Care, 2016. **20**(1): p. 147.
126. Vahedian-Azimi, A., F. Rahimibashar, and A.C. Miller, *A comparison of cardiopulmonary resuscitation with standard manual compressions versus compressions with real-time audiovisual feedback: A randomized controlled pilot study*. Int J Crit Illn Inj Sci, 2020. **10**(1): p. 32-37.
127. Hwang, S.O., et al., *A Randomized Controlled Trial of Compression Rates during Cardiopulmonary Resuscitation*. J Korean Med Sci, 2016. **31**(9): p. 1491-8.
128. Hwang, S.O., et al., *A Randomized Controlled Trial of Compression Rates during Cardiopulmonary Resuscitation*. J Korean Med Sci, 2016. **31**(9): p. 1491-1498.
129. Vadeboncoeur, T., et al., *Chest compression depth and survival in out-of-hospital cardiac arrest*. Resuscitation, 2014. **85**(2): p. 182-8.
130. *Standards for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). II. Basic life support*. Jama, 1974. **227**(7): p. Suppl:841-51.
131. *2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care*. Circulation, 2005. **112**(24 Suppl): p. Iv1-203.
132. Handley, A.J., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005: Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators*. Resuscitation, 2005. **67**: p. S7-S23.
133. Olivari, D., et al., *Identifying the optimum chest compression point during cardiopulmonary resuscitation*. Heart Lung, 2020. **49**(2): p. 207-208.
134. Setälä, P.A., et al., *End-tidal carbon dioxide output in manual cardiopulmonary resuscitation versus active compression-decompression device during prehospital quality controlled resuscitation: a case series study*. Emerg Med J, 2018. **35**(7): p. 428-432.
135. Frascione, R.J., et al., *Treatment of non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest with active compression decompression cardiopulmonary resuscitation plus an impedance threshold device*. Resuscitation, 2013. **84**(9): p. 1214-22.
136. Wolcke, B.B., et al., *Comparison of standard cardiopulmonary resuscitation versus the combination of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation and an inspiratory impedance threshold device for out-of-hospital cardiac arrest*. Circulation, 2003. **108**(18): p. 2201-5.
137. Elding, C., P. Baskett, and A. Hughes, *The study of the effectiveness of chest compressions using the CPR-plus*. Resuscitation, 1998. **36**(3): p. 169-73.
138. Boyle, A.J., et al., *Improvement in timing and effectiveness of external cardiac compressions with a new non-invasive device: the CPR-Ezy*. Resuscitation, 2002. **54**(1): p. 63-7.

139. Beesems, S.G. and R.W. Koster, *Accurate feedback of chest compression depth on a manikin on a soft surface with correction for total body displacement*. Resuscitation, 2014. **85**(11): p. 1439-43.
140. Lafuente-Lafuente, C. and M. Melero-Bascones, *Active chest compression-decompression for cardiopulmonary resuscitation*. Cochrane Database Syst Rev, 2013. **2013**(9): p. Cd002751.
141. Wang, C.H., et al., *Active compression-decompression resuscitation and impedance threshold device for out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and metaanalysis of randomized controlled trials*. Crit Care Med, 2015. **43**(4): p. 889-96.
142. Frascione, R.J., D. Bitz, and K. Lurie, *Combination of active compression decompression cardiopulmonary resuscitation and the inspiratory impedance threshold device: state of the art*. Curr Opin Crit Care, 2004. **10**(3): p. 193-201.
143. Seewald, S., et al., *Application of mechanical cardiopulmonary resuscitation devices and their value in out-of-hospital cardiac arrest: A retrospective analysis of the German Resuscitation Registry*. PLoS One, 2019. **14**(1): p. e0208113.
144. Anantharaman, V., et al., *Prompt use of mechanical cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: the MECCA study report*. Singapore Med J, 2017. **58**(7): p. 424-431.
145. Rehatschek, G., et al., *Mechanical LUCAS resuscitation is effective, reduces physical workload and improves mental performance of helicopter teams*. Minerva Anestesiol, 2016. **82**(4): p. 429-37.
146. Perkins, G.D., et al., *Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial*. Lancet, 2015. **385**(9972): p. 947-55.
147. Liu, M., et al., *Mechanical chest compression with LUCAS device does not improve clinical outcome in out-of-hospital cardiac arrest patients: A systematic review and meta-analysis*. Medicine (Baltimore), 2019. **98**(44): p. e17550.
148. Ondruschka, B., et al., *Chest compression-associated injuries in cardiac arrest patients treated with manual chest compressions versus automated chest compression devices (LUCAS II) - a forensic autopsy-based comparison*. Forensic Sci Med Pathol, 2018. **14**(4): p. 515-525.
149. Milling, L., B.S. Astrup, and S. Mikkelsen, *Prehospital cardiopulmonary resuscitation with manual or mechanical chest compression: A study of compression-induced injuries*. Acta Anaesthesiol Scand, 2019. **63**(6): p. 789-795.
150. Murakami, Y., et al., *Outcomes of out-of-hospital cardiac arrest by public location in the public-access defibrillation era*. Journal of the American Heart Association, 2014. **3**(2): p. e000533.
151. Piepho, T., et al., *Lay basic life support: the current situation in a medium-sized German town*. Emergency medicine journal 2011. **28**(9): p. 786-9.
152. Abellsson, A., P. Odestrand, and A. Nygårdh, *To strengthen self-confidence as a step in improving prehospital youth laymen basic life support*. BMC Emerg Med, 2020. **20**(1): p. 8.
153. Riggs, M., R. Franklin, and L. Saylany, *Associations between cardiopulmonary resuscitation (CPR) knowledge, self-efficacy, training history and willingness to perform CPR and CPR psychomotor skills: A systematic review*. Resuscitation, 2019. **138**: p. 259-272.
154. Lyon, R.M., et al., *Resuscitation feedback and targeted education improves quality of pre-hospital resuscitation in Scotland*. Resuscitation, 2012. **83**(1): p. 70-5.

9 Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Die Überlebenskette , modifiziert nach Monsieurs et al. 2015.....	6
Abb.2: Der BLS-AED-Algorithmus , modifiziert nach G. D. Perkins et al. 2015	8
Abb.3: Reaktion und Atemweg. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; Modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015	9
Abb.4: Kontrolle der Atmung. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015	9
Abb.5: Vorbereitung der Thoraxkompression. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015.....	10
Abb.6: Beatmung durch einen trainierten Helfer. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015	11
Abb.7: Thoraxkompression. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015	11
Abb.8: Schockabgabe durch den AED. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015	12
Abb.9: Fortführung der Thoraxkompression. Mit freundlicher Genehmigung des GRC® German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015; modifiziert nach G. D. Perkins et al., 2015.....	12

Abb.10: ResQCPR® (CardioPump® +ResQPOD ITD®) Mit freundlicher Genehmigung der Firma Zoll Medical GmbH (Köln, Deutschland).	16
Abb.11: CPRmeter® (Laerdal, Stavanger, Norwegen) Mit freundlicher Genehmigung der Firma Laerdal (Stavanger, Norwegen).....	17
Abb.12: TrueCPR® Mit freundlicher Genehmigung von Stryker Emergency Care Circulatory Solutions	17
Abb.13: LUCAS® (Physio-Control/Jolife AB, Lund, Sweden) Mit freundlicher Genehmigung von Stryker Emergency Care Circulatory Solutions	18
Abb.14: Cardio First Angel® (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland) Grundplatte (schwarz); Hauptplatte (weiß); Druckknopf (rot). Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.	20
Abb.15: Aufsicht auf das Cardio First Angel®-Hilfsmittel (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland) Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.	21
Abb.16: Aufsicht auf die Hauptplatte des Cardio First Angel®; Innenansicht nach Entfernung des Druckknopfs.	21
Abb.17: Cardio First Angel®: Unterseite des Druckknopfes.	22
Abb.18: Modifizierte technische Zeichnung des Cardio First Angel®: Querschnitt des Cardio First Angel® Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.	22
Abb.19: Positionierung des Cardio First Angel® (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland). Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.	23
Abb.20: Versuchsaufbau mit dem Ambu® Man Torso (Ambu A/S, Ballerup, Dänemark). Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.	24

Abb.21: Darstellung des Studienkollektivs.	25
---	-----------

Abb.22: Piktogram zur Erklärung des Cardio First Angel® (CFA, Innotech, Nabburg, Deutschland). Das Bildmaterial wurde mit freundlicher Genehmigung der Firma Cardio First Angel UG zur Verfügung gestellt.	27
--	-----------

Abb.23: Altersverteilung der Subgruppen: <i>Gruppe 1</i> Laien ohne Einweisung in den CFA (n=43), <i>Gruppe 2</i> Laien mit Einweisung in den CFA (n=96), <i>Gruppe 3</i> Medizinisches Fachpersonal (n=27), <i>Gruppe 4</i> Medizinstudenten (exklusive der Probanden ohne demographische Auswertung n=82); <i>CFA</i> (Cardio First Angel®), <i>n</i> (Anzahl der Probanden).	32
---	-----------

Abb.24: Boxplot der Selbsteinschätzungen des Reanimationskönnens auf einer Skala von 0-10 (0=schlecht, 10=sehr gut): <i>Gruppe 1</i> Laien ohne Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 2</i> Laien mit Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 3</i> Medizinisches Fachpersonal, <i>Gruppe 4</i> Medizinstudenten (exklusive der Probanden ohne demographische Auswertung n=82).	33
---	-----------

Abb.25: Boxplot der Kompressionsfrequenzen mit und ohne Hilfsmittel aller Subgruppen: <i>Gruppe 1</i> Laien ohne Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 2</i> Laien mit Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 3</i> Medizinisches Fachpersonal, <i>Gruppe 4</i> Medizinstudenten . <i>CPR</i> (cardiopulmonary resuscitation), <i>CFA</i> (Cardio First Angel®).....	37
--	-----------

Abb.26: Boxplots der Kompressionstiefe mit und ohne Hilfsmittel aller Subgruppen. <i>Gruppe 1</i> Laien ohne Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 2</i> Laien mit Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 3</i> Medizinisches Fachpersonal, <i>Gruppe 4</i> Medizinstudenten <i>CPR</i> (cardiopulmonary resuscitation), <i>CFA</i> (Cardio First Angel®).....	41
--	-----------

10 Tabellenverzeichnis

Tab.1: Risikofaktoren für SCA und SCD nach Zipes et al., 1998	2
Tab.2: Risikofaktoren der KHK nach Hajar et al., 2017	3
Tab.3: Übersicht über Theorien der kardiopulmonalen Reanimation nach Cipani et al., 2019	5
Tab.4: Demographische Daten des Gesamtkollektivs und der Subgruppen; <i>Gruppe 1</i> Laien ohne Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 2</i> Laien mit Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 3</i> Medizinisches Fachpersonal, <i>Gruppe 4</i> Medizinstudenten (exklusive der Probanden ohne demographische Auswertung n=82); CFA (Cardio First Angel®); <i>n</i> (Anzahl der Probanden).....	31
Tab.5: Ergebnisse der Befragung der Probanden: <i>Gruppe 1</i> Laien ohne Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 2</i> Laien mit Einweisung in den CFA, <i>Gruppe 3</i> Medizinisches Fachpersonal, <i>Gruppe 4</i> Medizinstudenten (exklusive der Probanden ohne demographische Auswertung n=82); weitere Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt; CFA (Cardio First Angel®), <i>n</i> (Anzahl der Probanden)	34
Tab.6: Ergebnisse zur Kompressionsfrequenz bei der Reanimation: MW ± SD (Mittelwert ± Standardabweichung), CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel®), <i>n</i> (Anzahl der Probanden).....	36
Tab.7: Ergebnisse der Kompressionsfrequenz von Probanden mit Ängsten sowie bei Favorisierung der CPR mit CFA; MW ± SD (Mittelwert ± Standardabweichung), CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel®), <i>n</i> (Anzahl der Probanden).....	38
Tab. 8: Ergebnisse zur Kompressionstiefe bei der Reanimation; MW±SD (Mittelwert ± Standardabweichung), <i>n</i> (Anzahl der Probanden), CPR (Cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel®).....	40

Tab.9: Ergebnisse der Kompressionstiefe von Probanden mit Ängsten sowie bei Favorisierung der CPR mit CFA. $MW \pm SD$ (Mittelwert \pm Standardabweichung), CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel[®]), n (Anzahl der Probanden).....	42
Tab.10: Ergebnisse in Bezug auf den Druckpunkt während der Reanimation. CPR (cardiopulmonary resuscitation), CFA (Cardio First Angel[®] n (Anzahl der Probanden).	44
Tab.11: Reanimationshilfen in der Literatur.....	54

11 Anhang

11.1 Fragebogen



Cardio First Angel

Eine Reanimationshilfe als Lebensretter zur Herzdruckmassage für Laienhelfer

Befragung über das Reanimationsverhalten der Allgemeinbevölkerung
Herzlinik LMU-München, Leitung: Prof. Dr. med. Ch. Hagl



Sie kommen zu einer reanimationspflichtigen Person.
Würden Sie generell reanimieren?

- ☐ Ja
☐ Nein

Wie schätzen Sie Ihr Reanimations-Können bezüglich einer
erfolgreichen Reanimation ein?

- ☐ 0
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5
☐ 6
☐ 7
☐ 8
☐ 9
☐ 10



Haben Sie Berührungsängste?

- ☐ Ja, vor
- ☐ Berührung/Blut/Körperflüssigkeiten
 - ☐ Infektionen
 - ☐ erfolgloser Reanimation
- ☐ Nein

Würden Sie einen „Helfer“ im Sinne einer Apparatur verwenden, die Sie bezüglich der Druckstärke, -frequenz und dem Auffinden der richtigen Druckpunkte unterstützen würde?

- ☐ Ja
- ☐ Nein



Würden Sie die Hände oder die Verwendung der Apparatur zur Reanimation verwenden?

- ☐ Hände
- ☐ Apparatur (Cardio First Angel)



Bitte füllen Sie zu unserer Auswertung der Daten die folgenden Fragen in anonymer Form aus.

Wie alt sind Sie?

Wie alt sind Sie?	<input type="checkbox"/>	unter 18 Jahren	<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
	<input type="checkbox"/>	zwischen 18 und 30 Jahren	
	<input type="checkbox"/>	zwischen 31 und 40 Jahren	
	<input type="checkbox"/>	zwischen 41 und 50 Jahren	
	<input type="checkbox"/>	zwischen 51 und 60 Jahren	
	<input type="checkbox"/>	zwischen 61 und 70 Jahren	
	<input type="checkbox"/>	über 70 Jahre	

Haben Sie schon einmal einen Erste-Hilfe-Kurs besucht?

☐ Ja
☐ Nein

Würden Sie die besagte Apparatur verwenden?

☐ Ja
☐ Nein

Wieviel wären Sie bereit, etwas dafür auszugeben?

☐ Ja, _____ Euro
☐ Nein

Vielen Dank für die Zeit Ihrer Teilnahme.

11.2 Unbedenklichkeitserklärung des Herstellers



A. Product Identification

Product name:	Polyether PUR, polyester PUR foam. HR (High Resilient) PUR foam. Moulded Hot and Cold Cure Foam.
Trade names:	Various, depending on the manufacturers.
Composition:	Polyurethane polymer.
Chemical description:	Poly-addition product of isocyanates, polyether/polyester polyols and water, controlled by catalysts, stabilizers and other substances, resulting in a cellular polyurethane foam.
	The isocyanate and polyol are completely reacted during manufacture and foam, as supplied, contains no free isocyanate.
Appearance:	Cellular flexible foam.



Regulatory Information:	No labeling is currently required for this product by existing EU Directives on Classification, Packaging and Labeling of Dangerous Substances.
-------------------------	---

B. Physical properties

Physical form/appearance:	Solid, voluminous material, more or less elastic
Colour:	Varies according to manufacture
Specific gravity:	10-600 kg/m ³
Solubility in water:	Insoluble
Odour:	None or mild odour
Flash ignition point:	Between 315°C to 370°C
Decomposition temperature:	Above 180°C
Thermal energy:	28 000 KJ/kg
Stability and reactivity:	The product is stable at temperatures between - 40°C and +120°C



C. Fire Hazards identification

Auto-ignition point : Between 370°C to 427°C
(ASTM D 1929)

Fire hazard: The product is a combustible material and causes, when burning, intense heat and dense smoke.

Melting point: The product can, when heated also melt and flammable decomposition products can be generated. In a fire, decomposition products such as carbon black, carbon monoxide, carbon dioxide, gaseous hydrocarbons and nitrogen containing products can be generated in various concentrations depending on the combustion conditions. Also corrosive gases could be generated if foam grade contains flame retardants.

Suitable fire extinguishers: Water, CO₂, dry powder, liquid foam



Human protection in large fires: Fire fighters should use self-contained breathing apparatus.

Further fire information: Terms like “is flame retarded” or “contains flame retardants” are sometimes used to describe improved ignition resistance in small-scale tests and do not reflect hazards in large scale fire conditions.

Storage & Processing: Because of the fire risks associated with certain processing operations on block foam (e.g. hot-wire cutting, crumbing, solvent lamination, etc) it is advisable to seek expert guidance on fire precautions that need to be in place.

**D. Toxicological data**

Oral:	There is no evidence that PU foam is toxic orally. LD50 (oral-rats) >5000 mg/kg.
Inhalation:	Chronic inhalation of polyurethane dust particles could cause lung infection, airway obstruction and fibrosis.
Skin contact:	No adverse effects known following contact with PU foam.
Eye contact:	Dust particles can cause mechanical irritation. Rinse with water to remove dust.
Microbiological: contamination:	PU foam is sterile when manufactured.

**E. Protective measures in handling, storage and processing**

PU foam at normal temperature presents no risk to health. Special protective equipment and clothing is not necessary when handling foam, since it does not irritate the skin, eyes or respiratory system except in those processes where dust is produced.

Ventilation: Provided there is adequate general ventilation, no special precautions are necessary for most handling and cutting operations.

Ventilation during some operations:

Local exhaust ventilation is necessary for some operations i.e. where dust is produced from buffing and flocking operations or where fumes are produced in flame laminating, heat forming and hot wire cutting.



Storage:	Store away from heat sources (match, cigarette, open fire, electrical heater, ...). UV rays may cause surface discoloration. This does not affect the foam qualities.
Eye protection:	Protective goggles should be worn for processes which generate dust.
Protective clothing:	Not required.
Other measures:	No specific measures are needed at all for fully cured PUR foam. Gloves should be used when handling fresh foams.

See also section C dealing with Fire Hazards.



F. Ecological information

Biodegradability:	Dependent on the type of PU foam, the product is not degradable or degrades slowly.
Additional ecological data:	In case of a fire with standard foam, the particles that fall in the water are harmless. They are sieved out of the water and/or disintegrated in the water treatment plant. Living organisms in the water are not endangered.

G. Transport information

Labeling:	PU foam is not classified for conveyance or supply under the Carriage of Dangerous Goods (classification, packaging and labeling) and Use of Transportable Pressure Receptacles Regulations 1996. The product is not classified as hazardous for any mode of transportation under current EU/UN regulations by applying the appropriate test method.
-----------	--



Measures: No special steps need to be taken for the transportation of PU foam.

H. Disposal considerations

Production trim: several Trim polyurethane foam and off-cuts can usually be recycled by methods if uncontaminated by extraneous matter.

Post Consumer Waste: A recycling option exists via rebonding if a series technical and economical conditions are met. If recycling is not possible, scrap or post consumer PU foam waste can be disposed of at licensed landfill sites or by incineration under controlled conditions. Advice on the preferred method should be sought from the Local Waste Regulation Authority.

Legislation: Under EU environmental Regulations and Directives, there are no special requirements for the disposal of standard foam.



I. Composition and chemical characterisation

Input for external Material Data Systems or PU foam converters.

Flexible polyurethanes are polymers and defined in Data Systems, i.e. IMDS, as product, not as a chemical compound.

For the manufacture of PU foam, a series of raw materials are used. These include, isocyanates, polyols (major proportion), water (small proportion). These ingredients are fully reactive and chemically bonded to the PU matrix of the polymer. The isocyanates are not biologically available from cured foam. In addition, other essential additives of different characteristics are used in small concentrations, some of which could be chemically bonded also to the matrix.

Depending on the grade, the PU foam may contain any of the following substances in non-notifiable concentrations:



Aliphatic and/or cycloaliphatic amine catalysts
Flame-retardants
Plasticisers
Silicone and/or organic surfactants
Stannous octoate catalyst, tin oxide
Organic and/or inorganic pigments

No detailed breakdown of the finished foam in any of these raw materials or additives can be expressed as final percentages as most are reactive and chemically bonded to the PU foam matrix or disappear gradually during the curing phase (24h) of the manufacture.

Additives, which prohibit the rebonding, recycling route are not present.

The PU foam manufacturer should check and report individually "only" the components that are used in a formulation according to the VDA list of 'declarable substances' (IMDS system).



J. Disclaimer of liability

The local legislation is to be followed.

This information is furnished without warranty, expressed or implied, except that it is accurate according to the best available knowledge of the PU foam manufacturer. The data on this sheet relate only to the specific material designated herein.

The manufacturer assumes no legal responsibility for use of, or reliance upon these data. For information regarding specific applications of the product, the foam manufacturer should be contacted

13 Danksagung

Meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. med. Christian M. Hagl danke ich für die Überlassung des Themas sowie die geduldige und fachliche Begleitung der Arbeit.

Mein Dank gilt auch meiner Betreuerin, Frau Privatdozentin Dr. med. Sabina Günther, für ihre konstruktive Kritik und Hilfestellung.

Bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern, Frau Dr. med. Dipl.-Biol. Annegret Schirren und Herrn Professor Dr. med. Carl Joachim Schirren, die mich während meines Studiums unterstützt und bei der Erstellung der Doktorarbeit begleitet haben.

Meinem Chef und chirurgischen Mentor, Herrn Professor Dr. med. Jens Werner, danke ich für seine fortwährende, freundliche und aufmunternde Unterstützung.

Meinen Freunden und Kollegen, Frau Dr. med. Sarah Gschwendtner, Herrn Florian Trummer, Herrn Privatdozent Dr. med. Tobias Schiergens, Herrn Dr. med. Moritz Drefs, Herrn Dr. med. Matthias Ilmer und Herrn Dr. med. Dionysios Koliogiannis danke ich für ihre motivierende Anteilnahme und für ihre kritischen Anregungen bei der Fertigstellung der Arbeit.

Meiner Frau Dr. med. Mirjam Schirren möchte ich einen besonderen Dank aussprechen. Ihre unerschütterliche Geduld und fortwährende Unterstützung ermöglichte mir die Fertigstellung dieser Arbeit.

Meinen Töchtern Nora und Madita Schirren danke ich für ihr strahlendes Lächeln, das mich immer wieder dazu ermahnt hat, diese Arbeit zu einem guten Ende zu bringen.



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Promotionsbüro
Medizinische Fakultät



Eidesstattliche Versicherung

Schirren, Malte Joachim

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

Cardio First Angel® – eine mechanische Reanimationshilfe zur Steigerung der Effektivität der Laienreanimation

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 13.10.2021

Ort, Datum

Malte Joachim Schirren

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Promotionsbüro
Medizinische Fakultät



Erklärung zur Übereinstimmung der gebundenen Ausgabe der Dissertation mit der elektronischen Fassung

Schirren, Malte Joachim

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Hiermit erkläre ich, dass die elektronische Version der eingereichten Dissertation mit dem Titel

Cardio First Angel® – eine mechanische Reanimationshilfe zur Steigerung der Effektivität der Laienreanimation

in Inhalt und Formatierung mit den gedruckten und gebundenen Exemplaren übereinstimmt.

München, 13.10.2021

Ort, Datum

Malte Joachim Schirren

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand